



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
FACULTAD DE INFORMÁTICA

TRABAJO FIN DE CARRERA

**RED DE ONTOLOGÍAS PARA EL CAMINO DE
SANTIAGO**

Autora: María Poveda Villalón

Tutora: María del Carmen Suárez de Figueroa Baonza

Marzo, 2009

A mis padres

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin la ayuda de mucha gente a la que quiero agradecer su apoyo, en primer lugar a mi familia, en especial a mis padres, por razones obvias.

A Asunción Gómez Pérez, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto final de carrera en el Grupo de Ingeniería Ontológica y por todos los conocimientos que he adquirido durante su realización.

A Mari Carmen, por su inestimable ayuda y dedicación en el seguimiento de mi proyecto.

Al resto de compañeros del laboratorio, por toda la ayuda prestada y por lo buenos momentos que hemos vivido tanto dentro como fuera de la facultad.

A los amigos que conocí en la FI, por aguantarme durante tantas épocas de exámenes y hacer de las sobremesas y los descansos momentos irrepetibles.

Y por último, pero no por ello menos importante, a mis amigas, a mis amigos y a toda la gente que me ha animado y esperado durante todos estos años, especialmente a Rober.

Índice

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Objetivos del proyecto final de carrera	3
1.2 Estructuración del proyecto final de carrera	3
Capítulo 2: Estado de la cuestión	5
2.1 Ontologías	5
2.2 Metodologías de desarrollo de ontologías	8
2.2.1 METHONTOLOGY	9
2.2.2 On-To-Knowledge	11
2.2.3 DILIGENT	13
2.2.4 NeOn <i>Methodology</i>	15
2.3 Patrones de diseño ontológico	18
2.3.1 Librerías de patrones de diseño ontológico	20
2.3.2 Reutilización de patrones de diseño ontológico	20
Capítulo 3: Planteamiento	23
3.1 Motivación	23
3.2 Objetivos	23
3.3 Proceso general	23
Capítulo 4: Análisis de patrones y antipatrones en ontologías	27
4.1 Identificación de patrones y antipatrones	27
4.2 Adaptación y combinación de patrones existentes	30
4.3 Malas prácticas y recomendaciones	34
Capítulo 5: Desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago	55
5.1 Combinación de escenarios para el desarrollo de la red de ontologías	55
5.2 Especificación de requisitos de la red de ontologías	63
5.2.1 Propósito	64
5.2.2 Alcance	65
5.2.3 Nivel de formalidad	65
5.2.4 Usuarios previstos	65
5.2.5 Usos previstos	66
5.2.6 Grupos de preguntas de competencia	66
5.3 Reutilización de recursos ontológicos	71
5.4 Reutilización y reingeniería de recursos ontológicos	71
5.4.1 Modificaciones realizadas	74
5.5 Reestructuración de recursos ontológicos	84
5.5.1 Guías metodológicas preliminares para la construcción de redes de ontologías	85
5.6 Reutilización de patrones de diseño ontológico	94
5.7 Localización de ontologías	103
5.8 Red de ontologías para el Camino de Santiago	103
Capítulo 6: Conclusiones	107
Capítulo 7: Líneas futuras	111

Capítulo 8: Bibliografía	113
Anexo I: Pre-Glosario de términos.....	119
1. Términos extraídos de las pregunta de competencia	119
2. Términos.....	123
3. Objetos	127
Anexo II: Relaciones entre malas prácticas, modificaciones y guías para crear redes de ontologías	129

Lista de figuras

Figura 1 Ejemplo gráfico de ontologías individuales, ontologías individuales interconectadas y redes de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2008]).....	7
Figura 2 Ciclo de vida de METHONTOLOGY [Gómez-Pérez <i>et al.</i> , 2003].....	10
Figura 3 Ciclo de vida de <i>On-To-Knowledge</i> [Staab <i>et al.</i> , 2001].....	12
Figura 4 Ciclo de vida de DILIGENT [Engler <i>et al.</i> , 2006]	15
Figura 5 Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2008]).....	16
Figura 6 Tipos de patrones de diseño ontológico [Presutti <i>et al.</i> , 2008].....	18
Figura 7 Árbol de decisión para clasificar patrones y antipatrones	28
Figura 8 Solución encontrada para el problema de las distancias	31
Figura 9 Relación distancia modelizada mediante el patrón de diseño ontológico “ <i>N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation</i> ”	31
Figura 10 Relación distancia modelizada mediante una adaptación del patrón de diseño ontológico “ <i>N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation</i> ”	32
Figura 11 Patrón “ <i>Precedence</i> ” [Presutti <i>et al.</i> , 2008].....	32
Figura 12 Patrón “ <i>Part-Whole Relation</i> ” [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a].....	33
Figura 13 Combinación de los patrones “ <i>Precedence</i> ” y “ <i>Part-Whole Relation</i> ”	33
Figura 14 Clasificación de las malas prácticas identificadas	35
Figura 15 Modelo conceptual de alto nivel con las posibles fuentes de información	57
Figura 16 Escenarios seguidos durante la construcción de la red de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2008]).....	60
Figura 17 Orden de desarrollo de los escenarios seguidos durante el desarrollo de la red de ontologías.....	61
Figura 18 Niveles de abstracción para la actividad de Reingeniería Ontológica [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007b]	72
Figura 19 Modelo general de reingeniería ontológica [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007b].....	73
Figura 20 Actividades de reestructuración ontológica [Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007b]	85
Figura 21 Relación entre conceptos de distintas ontologías.	87
Figura 22 Equivalencia entre conceptos de distintas ontologías.....	90
Figura 23 Modelo conceptual de alto nivel con fuentes de información utilizadas	104

Lista de tablas

Tabla 1 Identificación de patrones y antipatrones en ontologías estudiadas	30
Tabla 2 Plantilla para describir posibles malas prácticas en el desarrollo de ontologías	36
Tabla 3 Relaciones inversas que no lo son	38
Tabla 4 Relaciones inversas sin definir.....	39
Tabla 5 Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos	41
Tabla 6 Definición recursiva	42
Tabla 7 Información incompleta	43
Tabla 8 Clases vs Instancias.....	44
Tabla 9 Relación “es”	45
Tabla 10 Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango	46
Tabla 11 Clase “2 en 1”	47
Tabla 12 Clase miscelánea	48
Tabla 13 Sinónimos como clases.....	49
Tabla 14 <i>Label</i> vs <i>Comment</i> y demás anotaciones	50
Tabla 15 Polisemia	52
Tabla 16 Misma URI para distintos elementos de la ontología.....	54
Tabla 17 Plantilla para describir las modificaciones realizadas en las ontologías reutilizadas ..	75
Tabla 18 Crear y/o reestructurar jerarquías	76
Tabla 19 Completar conocimiento representado	77
Tabla 20 Restablecer granularidad	78
Tabla 21 Restringir al dominio.....	79
Tabla 22 Redefinir clases y axiomas.....	80
Tabla 23 Adaptar modelado a patrones de diseño	81
Tabla 24 Unificar nombrado	82
Tabla 25 Unificar idioma.....	83
Tabla 26 Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías	84
Tabla 27 Plantilla para describir tipos de conexiones de ontologías	87
Tabla 28 Relación subordinada.....	88
Tabla 29 Relación al mismo nivel de generalidad.....	89
Tabla 30 Relación equivalencia - 01	92
Tabla 31 Relación equivalencia - 02	93
Tabla 32 Relación equivalencia - 03	94
Tabla 33 Plantilla para describir la reutilización de patrones de diseño ontológico.....	96
Tabla 34 Clase Definida	98
Tabla 35 Multiherencia entre clases	98
Tabla 36 Relación de equivalencia entre clases.....	98
Tabla 37 Relación UniónDe	99

Tabla 38 Clases disjuntas	99
Tabla 39 Partición exhaustiva	99
Tabla 40 Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación)	100
Tabla 41 Modelado de valores concretos (valores como conjuntos de instancias).....	100
Tabla 42 Taxonomía	101
Tabla 43 Arquitectura modular	101
Tabla 44 Relación simple Parte-Todo (modelando una jerarquía de clases Parte-Todo).....	102
Tabla 45 Componente.....	102
Tabla 46 Precio	103
Tabla 47 Métricas de la red de ontologías y cada una de las ontologías que la componen. ...	105
Tabla 48 Relaciones entre malas prácticas, modificaciones y guías para crear redes de ontologías	131

Capítulo 1: Introducción

La Web actual revolucionó el mundo, definiendo nuevas formas de publicar, acceder e intercambiar información, y convirtiéndose en una poderosa plataforma para el comercio. Su éxito se debió en parte a que estaba pensada y desarrollada para el consumo y disfrute de los usuarios. Inicialmente la Web era meramente informativa, y las páginas sólo publicaban información estática, pero con el tiempo fueron adquiriendo dinamismo y empezaron a permitir interacción con los usuarios. Hoy en día la Web ofrece una gran variedad de servicios de interés general, agencias de viajes, entretenimiento, consultas médicas, subastas, comercio, etc. Toda esta información junto a los servicios ofrecidos está disponible para los usuarios, y sólo en algunas ocasiones para aplicaciones software construidas a medida en dominios muy particulares.

En 2001, Tim Bernes-Lee [Bernes-Lee et al., 2001], uno de los creadores de la Web, dándose cuenta de que ésta se había convertido en un medio de información para las personas en lugar de un medio en el cual la información pudiera ser procesada automáticamente, propone la Web Semántica, como una extensión de la Web actual, donde la información tenga un significado bien definido, que permita a los ordenadores y a las personas trabajar en cooperación. Según Bernes-Lee, la Web Semántica dotará de estructura al contenido significativo de las páginas Web, creando un ambiente en donde los agentes software puedan navegar por las páginas, y puedan llevar a cabo fácilmente sofisticadas tareas en beneficio de los usuarios. Por ejemplo, tareas como la obtención de una reserva en un hotel teniendo en cuenta criterios como la ubicación, el precio, el tipo de habitación; tareas como ésta implicarán que un agente software visite varios proveedores Web del servicio requerido, y establezca una negociación con cada uno de ellos, con el fin de obtener el producto o servicio que mejor satisfaga los intereses del usuario.

Para conseguir que la Web Semántica sea una realidad es necesario contar con componentes que permitan hacer explícito y formal el significado de la información contenida en la Web. Desde la inteligencia artificial, las ontologías emergen como esos componentes que permiten especificar la semántica de la información. Según [Studer et al., 1998], una ontología es *una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida*, donde la semántica de la información se hace explícita por medio de los objetos, sus relaciones y las propiedades que los caracterizan, en un lenguaje que sea comprensible para los ordenadores, es decir, formal, y se comparte por los participantes de un dominio particular.

La creación de ontologías inicialmente era un proceso no metodológico donde cada desarrollador seguía sus propios principios, reglas de diseño y fases. La investigación en este campo ha permitido que el proceso de desarrollo haya pasado de ser un arte a ser una ingeniería. En este sentido, el Grupo de Ingeniería Ontológica¹ (OEG²) de la Universidad

¹ <http://www.oeg-upm.net/>

² Siglas de la forma inglesa “*Ontology Engineering Group*”

Politécnica de Madrid (UPM) ha realizado múltiples aportaciones en este campo, entre ellas, la metodología METHONTOLOGY [Fernández-López et al., 1997] que guía el proceso de construcción de ontologías desde cero, incluyendo un ciclo de vida de las ontologías basado en prototipos y con carácter evolutivo que permite ir refinándolas en cada iteración. Hoy en día el proceso de desarrollo de ontologías está evolucionando hacia una arquitectura distribuida, donde las ontologías, debido a su complejidad, pueden ser creadas y mantenidas por múltiples grupos de usuarios en entornos colaborativos.

Además, el desarrollo de ontologías en diferentes proyectos tanto nacionales como internacionales ha revelado que hay diferentes alternativas o posibilidades para construir ontologías. Sólo por nombrar alguno de ellos, en el proyecto Esperonto³ las ontologías se construyeron desde cero; en Knowledge Web⁴ se utilizó tanto el alineamiento y versionado de ontologías como el uso de buenas prácticas o patrones, relacionados con las actividades del W3C⁵; en el proyecto SEEMP⁶ el desarrollo de ontologías se basó en la reutilización de recursos no ontológicos; el proyecto SEKT⁷ se centró en el desarrollo argumentativo de ontologías usando la metodología DILIGENT; y en el proyecto UMLS⁸ se transformó la red semántica “UMLS® Semantic Network” en una ontología escrita en OWL⁹. Por lo tanto, no es precipitado afirmar que un nuevo paradigma de desarrollo de ontologías está surgiendo, el cual se centra en la reutilización y la posible reingeniería de fuentes de conocimiento existentes, en contraposición a la construcción de nuevas ontologías a medida partiendo de cero, en el desarrollo de ontologías de manera colaborativa y argumentativa, y en la construcción de redes de ontologías¹⁰.

Por tanto, como se puede observar, los desarrolladores de ontologías, con el objetivo de acelerar el proceso de desarrollo ontológico, están empezando a reutilizar en la medida de lo posible ontologías, módulos ontológicos, tripletas ontológicas y patrones de diseño ontológico así como conocimiento existente en recursos tales como tesauros, lexicones, bases de datos, diagramas UML y esquemas de clasificación que ya han sido desarrollados y que poseen un cierto grado de consenso.

En este contexto nace el proyecto *NeOn - Lifecycle Support for Networked Ontologies* (FP6-027595)¹¹ que tiene, como uno de sus principales objetivos, la construcción de una metodología para la construcción de redes de ontologías. Esta metodología pretende ofrecer pautas que orienten a los desarrolladores de redes de ontologías en la construcción colaborativa de las mismas a través de distintas posibilidades de desarrollo, como por ejemplo

³ <http://www.esperonto.net>

⁴ <http://knowledgeweb.semanticweb.org>

⁵ <http://www.w3c.es/>

⁶ <http://www.seemp.org/>

⁷ <http://www.sekt-project.com/>

⁸ <http://www.nlm.nih.gov/research/umls/>

⁹ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>

¹⁰ Una red de ontologías se define como una colección de ontologías relacionadas entre sí mediante diferentes relaciones como correspondencia (mapping), modularización, versionado y de dependencia [Haase et al., 2006].

¹¹ <http://www.neon-project.org>

reutilizando recursos ontológicos o mediante la reutilización y posterior reingeniería de recursos no ontológicos.

1.1 Objetivos del proyecto final de carrera

El objetivo principal de este proyecto final de carrera es el desarrollo de una red de ontologías basada en Lógica Descriptiva que represente el conocimiento relacionado con el Camino de Santiago, el cuál involucra dominios tan diversos como el arte, la geografía, la arquitectura, etc. El objetivo de esta red de ontologías es permitir el acceso y la edición de información referente al Camino de Santiago para el proyecto nacional *GeoBuddies*¹²: *Anotación semántica colaborativa con dispositivos móviles en el Camino de Santiago* (TSI2007-65677-C02).

Además, se pretende obtener (1) una propuesta de guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías basadas en la experiencia y los problemas encontrados a lo largo del desarrollo de este primer objetivo y (2) una propuesta de guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas o antipatrones durante la modelización de ontologías.

A continuación se explican brevemente las tareas generales llevadas a cabo para cumplir los objetivos principales de este proyecto Fin de Carrera:

- Análisis del dominio que se pretende representar en la red de ontologías. Este análisis incluye estudiar las fuentes de conocimiento disponibles así como la evaluación del problema actual y la solución que se pretende implementar, definiendo el alcance de la red de ontologías que se desea desarrollar.
- Desarrollo de la red de ontologías según el paradigma de representación de conocimiento basado en Lógica Descriptiva partiendo de las ontologías desarrolladas en las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008.
- Elaboración de unas guías metodológicas a modo de propuesta para facilitar la conexión de ontologías y/o módulos ontológicos.
- Análisis de la aparición de patrones y antipatrones de diseño en recursos ontológicos disponibles.
- Elaboración de unas guías metodológicas a modo de propuesta para evitar la aparición de antipatrones en la construcción de ontologías.

1.2 Estructuración del proyecto final de carrera

Este proyecto final de carrera presenta la siguiente estructura:

- **Capítulo 2: Estado de la cuestión.** Presenta el estado actual del marco conceptual en que se encuadra este proyecto, conveniente para una mejor comprensión del mismo. Concretamente se mostrará una introducción a las ontologías y redes de ontologías,

¹² <http://www.geobuddies.net/>

las metodologías existentes para el desarrollo de las mismas y se introducirán los patrones de diseño ontológico y librerías de patrones existentes así como las distintas formas de reutilización de dichos patrones de diseño ontológico.

- **Capítulo 3: Planteamiento.** En este capítulo se explica el alcance del proyecto y se describen los objetivos específicos y el procedimiento seguido para llevar a cabo este proyecto.
- **Capítulo 4: Análisis de patrones y antipatrones en ontologías.** Este capítulo contiene un análisis de los patrones y antipatrones encontrados en las prácticas desarrolladas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. Como consecuencia de este análisis se exponen en este capítulo una serie de propuestas y recomendaciones organizadas en forma de guías metodológicas para modelizar ontologías según el paradigma basado en Lógica Descriptiva evitando el uso de malas prácticas.
- **Capítulo 5: Desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago.** En este capítulo se explica el proceso de construcción basado en escenarios llevado a cabo para crear la red de ontologías del Camino de Santiago, así como el domino de la misma. Además se proponen una serie de posibilidades y recomendaciones para la creación de redes de ontologías.
- **Capítulo 6: Conclusiones.** En este capítulo se valorarán los resultados obtenidos así como los problemas encontrados durante el análisis de los patrones y antipatrones y el desarrollo la red de ontologías.
- **Capítulo 7: Líneas futuras.** En este capítulo se proponen posibilidades para profundizar en las guías metodológicas para el desarrollo de redes de ontologías y evitar el uso de malas prácticas y antipatrones
- **Anexo I: Pre-Glosario de términos.** Este anexo contiene el pre-glosario de términos extraídos de las preguntas de competencia.
- **Anexo II: Relaciones entre malas prácticas, modificaciones y guías para crear redes de ontologías.** Este anexo contiene una tabla que relaciona entre sí los elementos de los siguientes grupos descritos a lo largo de este proyecto final de carrera:
 - Malas prácticas identificadas en las ontologías estudiadas.
 - Modificaciones realizadas sobre las ontologías reutilizadas.
 - Guías metodológicas preliminares propuestas para crear redes de ontologías.

Capítulo 2: Estado de la cuestión

En este capítulo se presenta la situación actual metodológica y tecnológica del contexto en el que se enmarca este proyecto final de carrera. Para ello en primer lugar, en la sección 2.1, se va a proporcionar la definición de ontología más ampliamente utilizada así como sus principales componentes y los tipos de ontologías que existen. Además se presenta la definición de red de ontologías. A continuación, en la sección 2.2, se van a describir diversas metodologías existentes para la construcción de ontologías. Y por último, en la sección 2.3, se presentará el concepto de patrones de diseño ontológico así como las librerías de patrones de diseño ontológico disponibles y las distintas formas de reutilización de dichos patrones de diseño ontológico.

2.1 Ontologías

En [Studer *et al.*, 1998] se define una ontología como una “especificación formal y explícita de una conceptualización compartida”. De una manera informal podemos decir que una ontología es un modelo de conocimientos *consensuado* en un determinado dominio y que es reutilizable en diferentes aplicaciones. Los requisitos que debe satisfacer un modelo para ser una ontología son los siguientes:

- El modelo es consensuado, es decir, que no es privativo de una persona o de una institución sino que está aceptado por todo un grupo.
- El modelo que se formaliza consta de un conjunto de conceptos organizados jerárquicamente, los cuales se definen a través de un conjunto de propiedades y de sus relaciones con otros conceptos, y de un conjunto de axiomas o reglas que permiten inferir conocimientos nuevos a partir de los ya existentes.
- El modelo proporciona términos que tienen una semántica bien definida y se expresan utilizando lenguajes formales que a su vez tienen una semántica bien formada.
- El modelo es formal, y por tanto ejecutable por una computadora.

A la hora de modelar ontologías se utilizan normalmente los siguientes componentes:

- **Clases:** Representan conceptos (abstractos o concretos) organizados en taxonomías en las que se aplican mecanismos de herencia.
- **Relaciones:** Representan un tipo de asociaciones entre conceptos del dominio. Las ontologías generalmente contienen relaciones binarias.
- **Funciones:** Son un caso especial de relaciones, en el que el valor de salida de la función se puede obtener a partir del conjunto de valores de entrada.
- **Axiomas formales:** Sirven para modelar sentencias que son siempre ciertas. Se utilizan para representar conocimiento que no puede ser definido formalmente a través de otros componentes.

- **Instancias:** Se utilizan para representar elementos o individuos concretos.

En la comunidad ontológica se distingue entre las ontologías que son principalmente taxonomías y las ontologías que modelan el dominio de una manera más profunda proporcionando axiomas y restricciones sobre la semántica del dominio. Estos tipos de ontologías reciben el nombre de ontologías ligeras y ontologías pesadas respectivamente y se describen de la siguiente manera:

- **Ontologías ligeras (*Lightweight*).** Este tipo de ontologías se refiere a aquellas ontologías que son fundamentalmente taxonomías. Las ontologías ligeras se componen de conceptos, taxonomías de conceptos, relaciones entre conceptos y propiedades que describen conceptos.
- **Ontologías pesadas (*Heavyweight*).** Las ontologías pesadas son una extensión de las ontologías ligeras, a las que se les añaden axiomas (sentencias que son siempre ciertas) y restricciones. Estos axiomas y restricciones sirven para completar el significado de los términos que componen las ontologías, de forma que se puede explicitar de manera más rigurosa su semántica.

Por otra parte, como consecuencia del desarrollo colaborativo y distribuido de ontologías y las relaciones que se pueden establecer entre las mismas, en el proyecto NeOn¹³ se distinguen los siguientes tipos de ontologías [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008]:

- **Ontologías individuales:** tenemos una ontología individual cuando una ontología no tiene ningún tipo de relación (dependiente o independiente del dominio) con otras ontologías.
- **Ontologías individuales interconectadas:** tenemos un conjunto de ontologías individuales interconectadas si existe entre ellas algún tipo de relación ad-hoc dependiente del dominio.
- **Redes de ontologías:** tenemos una red de ontologías si es necesario o aconsejable expresar: (a) meta-relaciones entre la ontología que va a ser desarrollada y otras ontologías existentes y disponibles en la web, o (b) meta-relaciones entre la ontología que va a ser desarrollada y sus componentes. Para crear las redes de ontologías es necesario definir estas meta-relaciones entre ontologías y entre ontologías y sus elementos. Dichas meta-relaciones se contemplan en [Haase *et al.*, 2007]. Algunos ejemplos de estas meta-relaciones son:
 - *priorVersionOf*: si la ontología es una nueva versión de otra ontología ya existente.
 - *useImports*: si la ontología importa otra ontología que trate otro dominio de conocimiento.
 - *extendingBy*: si la ontología extiende otra ya existente.

¹³ <http://www.neon-project.org>

- *composedByModules*: si la ontología se compone de varios módulos.
- *haveMapping*: si alguno de los componentes de la ontología tiene relación de correspondencia con otras ontologías existentes.

Con el objetivo de clarificar las diferencias entre ontologías, ontologías interconectadas y redes de ontologías, se van a proporcionar algunos ejemplos.

La ontología O_1 mostrada en la figura 1 (a), es una ontología individual y aislada. Si tenemos n ontologías individuales relacionadas entre sí mediante relaciones ad-hoc entre conceptos de dichas ontologías, tenemos un conjunto de ontologías interconectadas como se muestra en la figura 1 (b).

Tenemos una red de ontologías, por ejemplo, si se desarrolla una nueva versión (O_2) de la ontología O_1 haciendo explícita la meta-relación “*priorVersionOf*” entre dichas ontologías como se muestra en la figura 1 (c). Otro ejemplo de red de ontologías es el representado en la figura 1 (d). En este caso se indica explícitamente que la ontología A importa a las ontologías B y C mediante la meta-relación “*useImports*”.

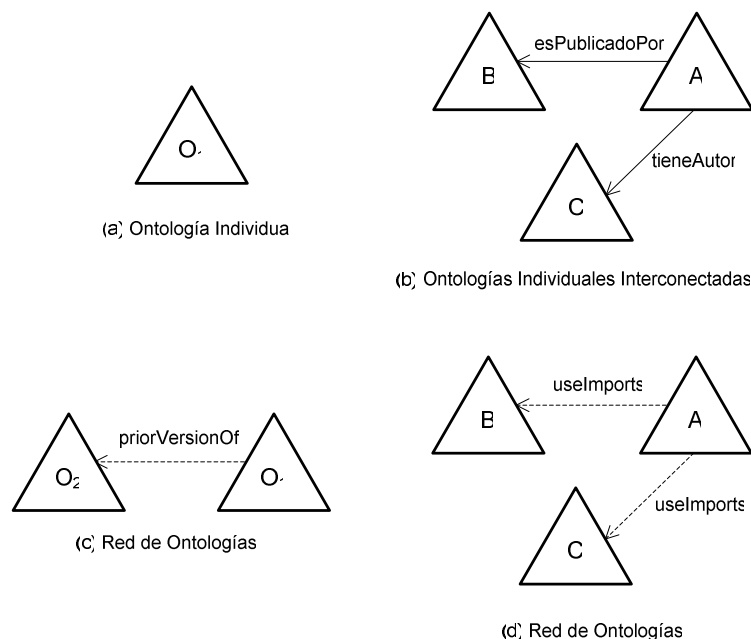


Figura 1 Ejemplo gráfico de ontologías individuales, ontologías individuales interconectadas y redes de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa et al., 2008])

Una vez establecidas las diferencias entre ontologías interconectadas y una red de ontologías podemos definir una **red de ontologías** como una colección de ontologías relacionadas entre sí mediante diferentes relaciones como correspondencia (*mapping*), modularización, versionado y dependencia [Haase et al., 2006].

Actualmente, las ontologías se encuentran distribuidas por la web, a veces disponibles directamente, otras veces ocultas en redes corporativas. Estas ontologías están relacionadas unas con otras, pero es difícil determinar, entre otras cosas:

- cual es la copia original cuando se encuentran varias copias de una misma ontología;
- cual es la primera versión de una ontología cuando existen varias versiones de la misma;
- que ontologías se utilizan junto con otras, ya que esta información suele estar oculta en las aplicaciones.

Además, los lenguajes de representación de ontologías carecen de características para expresar explícitamente las relaciones entre ontologías y sus elementos. Estas características en particular incluyen formalismos para expresar ontologías modulares y alineamientos entre ontologías. También, en la situación actual, se carece de los medios necesarios para expresar información sobre ontologías y las relaciones entre las mismas.

Con objeto de paliar estas dificultades y carencias, entre los objetivos del proyecto NeOn se encuentra definir un modelo integrado de un lenguaje de ontologías que cubra los lenguajes de ontologías más relevantes existentes y los extienda con primitivas para expresar las relaciones en las redes de ontologías.

2.2 Metodologías de desarrollo de ontologías

Los años 90 y los primeros años de este nuevo milenio han sido testigos del creciente interés que los profesionales han puesto en enfoques que permiten la creación y gestión de ontologías construidas desde cero. En [Gómez-Pérez *et al.*, 2003] se reúnen una serie de métodos y metodologías existentes para el desarrollo de ontologías desde cero. Estos métodos y metodologías pueden resumirse como sigue: en 1990, se publicaron algunos pasos generales y puntos interesantes sobre el proceso de construcción de la ontología Cyc. Pasados unos años, en 1995, se propusieron las primeras guías basadas en la experiencia adquirida durante el desarrollo de la ontología Enterprise¹⁴ y el proyecto ontológico TOVE¹⁵ (*TO*ronto *V*irtual *E*nterprise), basados ambos en el desarrollo de ontologías en el dominio empresarial. En 1996, como parte del proyecto *Esprit* KACTUS, se presentó un método para construir una ontología en el dominio de redes eléctricas. La metodología METHONTOLOGY [Gómez-Pérez *et al.*, 2003] surgió en la misma fecha. En 1997, se propuso un nuevo método para la construcción de ontologías basado en la ontología SENSUS¹⁶. Unos años después, en 2001, apareció la metodología *On-To-Knowledge* desarrollada en el contexto del proyecto que lleva su mismo nombre. Una de las principales limitaciones de los enfoques mencionados es que en ninguno de ellos se considera el desarrollo colaborativo y distribuido de ontologías. De hecho, el primer método en incluir una propuesta para la construcción colaborativa fue Co4 [Euzenat, 1996; Euzenat, 1995]. Este método cuenta con un protocolo para incluir nuevo conocimiento de acuerdo a la arquitectura de conocimiento establecida previamente. Después, en el año 2004, apareció la metodología DILIGENT [Pinto *et al.*, 2004a] destinada a dar soporte a los expertos de dominio para el desarrollo y evolución de ontologías en un entorno distribuido.

¹⁴ <http://www.aii.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>

¹⁵ <http://www.eil.utoronto.ca/enterprise-modelling/tove/>

¹⁶ <http://www.isi.edu/natural-language/projects/ONTOLOGIES.html>

Hasta ahora, METHONTOLOGY, *On-To-Knowledge* y DILIGENT han sido las metodologías más completas para construir ontologías. Estas metodologías principalmente incluyen guías para la construcción de ontologías aisladas. Estas guías orientan la construcción de las ontologías desde la especificación de la ontología hasta su implementación y están principalmente dirigidas a los investigadores ontológicos. En esta sección se incluye una descripción cronológica de estas metodologías.

Estas metodologías, METHONTOLOGY, *On-To-Knowledge* y DILIGENT, aunque constituyen los enfoques más reconocidos para desarrollar ontologías, tienen al menos tres limitaciones importantes:

- Las metodologías carecen de guías para desarrollar ontologías mediante la reutilización y reingeniería de otras ontologías y de fuentes de conocimiento existentes ampliamente consensuadas en un dominio particular.
- Las metodologías carecen de guías para contextualizar una ontología existente y conectarla con otras ontologías existentes las cuales pueden estar evolucionando continuamente.
- Las metodologías no explican el proceso de desarrollo de ontologías con el mismo estilo y grado de detalle que se aporta en las metodologías para el desarrollo software.

Con objeto de cubrir estas carencias se desarrolla como parte del proyecto NeOn la metodología NeOn para la construcción de redes de ontologías. Para desarrollar esta metodología se ha usado un enfoque basado en escenarios, puesto que se ha detectado que hay diferentes maneras o caminos para construir ontologías y redes de ontologías. Esta metodología se presentará con más detalle en el apartado 2.2.4 de esta sección.

2.2.1 METHONTOLOGY

La metodología **METHONTOLOGY** [Gómez-Pérez et al., 2003] fue desarrollada dentro del grupo de investigación *Ontology Engineering Group* (OEG) del Departamento de Inteligencia Artificial de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid. Esta metodología permite la construcción de ontologías desde el nivel de conocimiento.

Con objeto de aportar un soporte tecnológico a METHONTOLOGY, en el OEG se construyeron ODE [Blázquez, et al., 1998] y WebODE [Arpírez et al., 2003]. Además existen otras herramientas con las que se pueden construir ontologías siguiendo esta metodología, por ejemplo, NeOn *Toolkit*, Protégé, etc. METHONTOLOGY ha sido propuesta para la construcción de ontologías por la *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA)¹⁷ que promueve la interoperabilidad a través de aplicaciones basadas en agentes.

En METHONTOLOGY se identifican el conjunto de actividades que serán llevadas a cabo durante el desarrollo de ontologías. Este conjunto está basado en las principales actividades

¹⁷ <http://www.fipa.org/specs/fipa00086/> (last access, January 16, 2008)

identificadas en el proceso de desarrollo software [IEEE, 1999] y en las usadas en las metodologías de Ingeniería del Conocimiento [Waterman, 1986; Gómez-Pérez *et al.*, 1997].

Esta metodología incluye: la identificación del proceso de desarrollo de la ontología, un ciclo de vida basado en prototipos evolutivos y técnicas para llevar a cabo las actividades de mantenimiento así como las orientadas al desarrollo y al soporte.

METHONTOLOGY propone un ciclo de vida para la construcción de ontologías basado en prototipos evolutivos ya que éste permite añadir, cambiar y eliminar términos en cada nuevo prototipo. Para cada prototipo, METHONTOLOGY propone comenzar por las actividades de programación que identifican las tareas a realizar, su planificación y el tiempo y los recursos necesarios para su finalización. Después, comienza la actividad de especificación de la ontología junto con actividades de gestión (control de calidad) y de soporte (adquisición del conocimiento, integración, evaluación, documentación y gestión de configuración). Todas estas actividades de gestión y soporte se realizan en paralelo con las propias de desarrollo (especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento) durante todo el ciclo de vida de la ontología.

En la figura 2 se muestra el ciclo de vida de las ontologías propuesto en METHONTOLOGY que resume la descripción anterior.

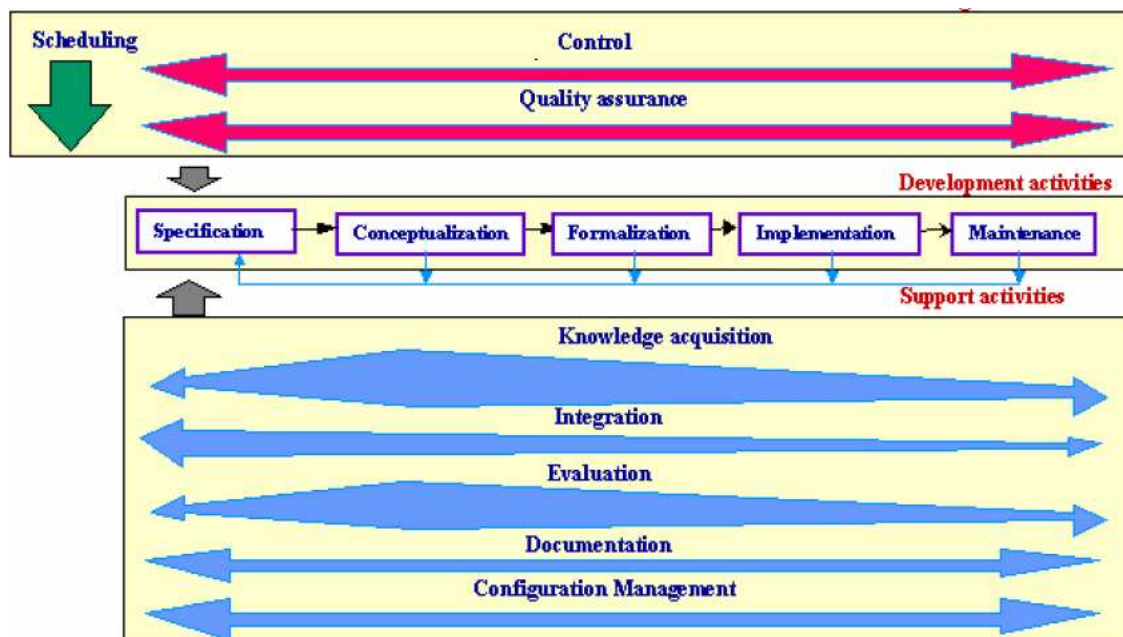


Figura 2 Ciclo de vida de METHONTOLOGY [Gómez-Pérez *et al.*, 2003]

Con relación a las actividades de soporte, la figura 2 también muestra que el esfuerzo dedicado a las actividades de adquisición del conocimiento, integración y evaluación es mayor durante la conceptualización de la ontología y menor durante la formalización y la implementación. Las razones de este aumento de esfuerzo son:

- La mayor parte del conocimiento es adquirido durante el comienzo de la construcción de la ontología.

- La integración de otras ontologías en la que queramos construir no se pospone hasta la actividad de implementación. La integración al nivel de conocimiento debe ser llevada a cabo antes de la integración al nivel de implementación.
- La conceptualización de la ontología debe ser evaluada con precisión para evitar la propagación de errores a futuras fases del ciclo de vida de las ontologías.

METHONTOLOGY considera que las actividades llevadas a cabo durante el desarrollo de una ontología puede implicar el desempeño de otras actividades en otras ontologías ya construidas o en construcción [Fernández-López *et al.*, 2000]. Las inter-dependencias son definidas como las relaciones entre actividades llevadas a cabo en la construcción de diferentes ontologías por lo que se debe hablar de ciclos de vida cruzados entre ontologías en lugar del ciclo de vida de una ontología. Esto es debido a que antes de integrar una ontología en otra nueva, la ontología que va a ser reutilizada es modificada o mezclada con otras ontologías del mismo dominio.

2.2.2 On-To-Knowledge

El objetivo del proyecto ***On-To-Knowledge*** [Staab *et al.*, 2001] fue utilizar las ontologías para mejorar la gestión de conocimientos a partir de información almacenada electrónicamente en organizaciones grandes y distribuidas. Algunos de los socios de este proyecto fueron el *Institute AIFB* de la universidad de Karlsruhe, la universidad Vrije de Amsterdam, y British Telecom. En este proyecto se desarrollaron una metodología y herramientas para el acceso inteligente a grandes cantidades de datos semi-estructurados y fuentes de información textual en entornos basados en intranet, extranet e Internet. *On-To-Knowledge* incluye una metodología para la construcción de ontologías que serán usadas en aplicaciones de gestión de conocimiento. Por lo tanto, la metodología *On-To-Knowledge* propone construir las ontologías teniendo en cuenta cómo van a ser utilizadas en las futuras aplicaciones.

La metodología también incluye la identificación de los objetivos que se pretenden conseguir con las herramientas de gestión de conocimiento, y se basa en un análisis de los escenarios de uso.

Los procesos propuestos por esta metodología se muestran en figura 3 y pueden ser resumidos de la siguiente manera:

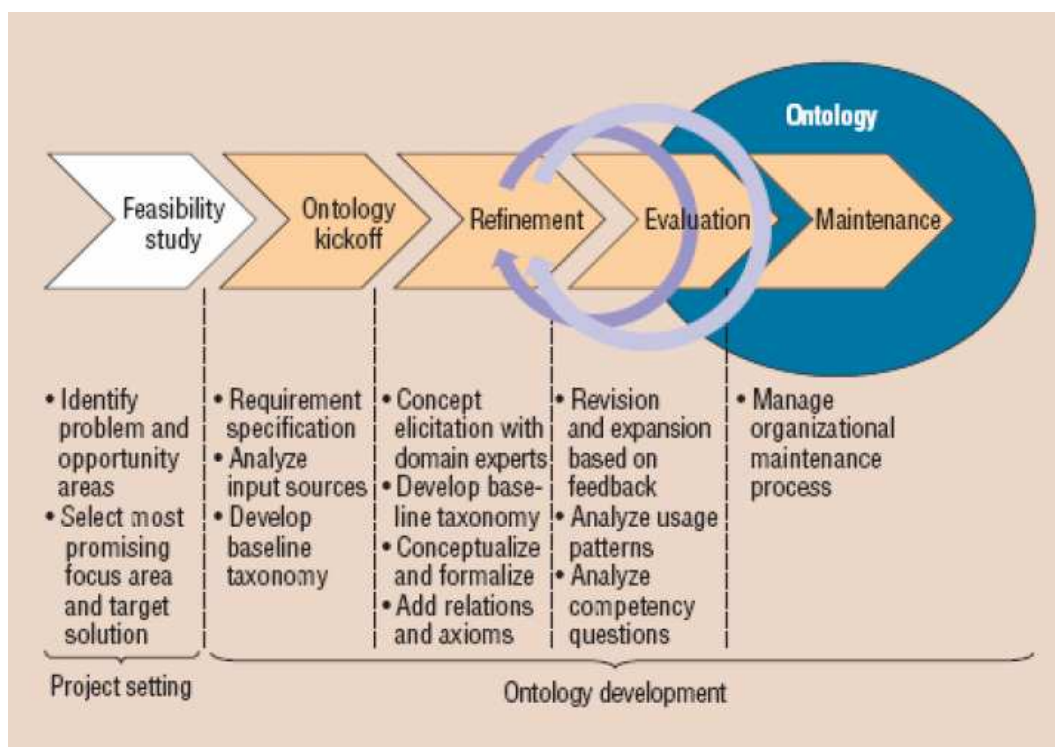


Figura 3 Ciclo de vida de *On-To-Knowledge* [Staab *et al.*, 2001]

Proceso 1. *Estudio de viabilidad*. *On-To-Knowledge* adopta el tipo de estudio de viabilidad descrito en la metodología CommonKADS [Schreiber *et al.*, 1999]. Según *On-To-Knowledge*, el estudio de viabilidad se aplica a toda la aplicación, por lo tanto debe llevarse a cabo antes de desarrollar las ontologías.

Proceso 2. *Lanzamiento*. El resultado de este proceso es el documento de especificación de requisitos de la ontología en el cual se describe: el dominio y los objetivos de la ontología; las guías de diseño (por ejemplo, el convenio de nombrado); las fuentes de conocimiento disponibles (libros, revistas, entrevistas, etc.); los usuarios y casos de uso previstos así como las posibles aplicaciones de la ontología. Otro producto obtenido de este proceso es una descripción semi-formal a modo de borrador de la ontología.

On-To-Knowledge propone el uso de preguntas de competencia (CQ¹⁸) [Gruninger & Fox, 1994] para llevar a cabo la actividad de especificación de la ontología, sin embargo no se proporcionan guías detalladas para llevar a cabo dicha actividad.

En el proceso de lanzamiento los desarrolladores deben buscar ontologías desarrolladas susceptibles de ser reutilizadas. Aunque esta metodología hace mención a la identificación de posibles ontologías para ser reutilizadas, no proporciona guías detalladas para la identificación ni la reutilización de dichas ontologías.

Proceso 3. *Refinamiento*. En este proceso el objetivo es producir una ontología madura y orientada a la aplicación según la especificación dada en el proceso de lanzamiento. El proceso de refinamiento se divide en dos actividades:

¹⁸ Siglas de la forma inglesa “Competency Questions”

- Actividad 1. *Proceso de elicitación de conocimiento con expertos del dominio*. La línea base de la ontología, es decir, el borrador obtenido en el proceso 2, se refina mediante la interacción con los expertos del dominio. Cuando se desarrolla esta actividad se identifican y modelan axiomas. Durante la actividad de elicitación se agrupan los conceptos por una parte y los términos por otra. Luego se mapean los términos y los conceptos. La metodología *On-To-Knowledge* propone el uso de representaciones intermedias para modelar el conocimiento, siguiendo las ideas básicas METHONTOLOGY. Si varios expertos participan en la construcción de la ontología, es necesario llegar a un acuerdo. Una forma complementaria de enriquecer la ontología es utilizar, como se ha visto, un proceso de aprendizaje de ontologías. Otra característica importante es que *On-To-Knowledge* propone el aprendizaje de ontologías para reducir los esfuerzos realizados durante el desarrollo de la ontología.
- Actividad 2. *Formalización*. Durante esta actividad se implementa la ontología utilizando para ello un lenguaje de implementación de ontologías que será elegido según los requisitos específicos de la aplicación prevista. Para llevar a cabo la formalización, *On-To-Knowledge* recomienda el uso del editor de ontologías OntoEdit, el cual genera automáticamente el código de la ontología en varios lenguajes. También se pueden utilizar otros editores que dispongan de funciones similares.

Proceso 4. *Evaluación*. El proceso de evaluación sirve para probar la utilidad de las ontologías desarrolladas y sus entornos software asociados. Durante este proceso se llevan a cabo dos actividades:

- Actividad 1. *Comprobar los requisitos y las preguntas de competencia*. Los desarrolladores comprueban si la ontología satisface los requisitos y “puede responder” las preguntas de competencia.
- Actividad 2. *Prueba de la ontología en el entorno de la aplicación destino*. En esta actividad puede plantearse un nuevo refinamiento de la ontología.

Este proceso de evaluación está altamente relacionado con el proceso de refinamiento. De hecho, se necesitan varios ciclos hasta que la ontología alcanza el nivel previsto.

Proceso 5. *Mantenimiento*. Es importante definir quién es el encargado del mantenimiento y cómo se va a llevar a cabo. *On-To-Knowledge* propone llevar a cabo el mantenimiento de la ontología como parte del sistema software.

2.2.3 DILIGENT

La metodología **DILIGENT** [Pinto *et al.*, 2004a] pretende dar soporte a los expertos de dominio para el desarrollo y evolución de ontologías en un entorno distribuido. Se centra en la ingeniería ontológica colaborativa y distribuida y hace especial hincapié en el seguimiento de los cambios realizados.

El proceso de desarrollo de ontologías propuesto por esta metodología incluye principalmente las cinco fases siguientes [Engler *et al.*, 2006; Pinto *et al.*, 2004b]:

1. *Construcción*. En la fase de construcción expertos del dominio, usuarios, ingenieros del conocimiento e ingenieros ontológicos crean de manera colaborativa una primera versión de la ontología. El equipo involucrado en la construcción de esta primera versión de la ontología debería ser reducido para así conseguir más fácilmente una ontología pequeña y consensuada. Además, no es necesario que la primera versión de la ontología compartida sea completa.

2. *Adaptación Local*. Una vez la ontología compartida esté disponible, los usuarios pueden comenzar a utilizarla y adaptarla localmente a sus propios intereses. Cada usuario es libre de realizar cambios de manera local sobre la ontología compartida ya que estos cambios no afectan a otros usuarios de la ontología. Todos los cambios realizados sobre la ontología se recogen en el comité de control central y se tratan como peticiones de cambio a la ontología compartida.

3. *Análisis*. Durante esta fase, el comité de control analiza todos los cambios que han sido realizados a lo largo de la fase anterior en las copias locales de la ontología compartida. En este paso se decide cuales de los cambios locales serán introducidos en la nueva versión de la ontología compartida. Con este fin, el comité de control trata de identificar similitudes entre los usuarios de la ontología ya que no debería mezclarse todos los puntos de vista. En lugar de ello, el objetivo de esta fase es desarrollar un núcleo de la ontología compartida porque de lo contrario la ontología crecería rápidamente y se convertiría en insostenible.

4. *Revisión*. Basándose en la fase previa de análisis, se crea y distribuye una nueva revisión de la ontología compartida. Son necesarias revisiones regulares de la ontología compartida para evitar que se creen grandes diferencias entre las ontologías locales y la ontología compartida. Por lo tanto se debe llegar a una decisión equilibrada teniendo en cuenta las diferentes necesidades de los usuarios y la evolución de estas necesidades.

5. *Actualización Local*. En esta última fase, los usuarios de la ontología compartida actualizan sus copias locales con la última revisión de dicha ontología. La ontología compartida puede que mantenga alguno de los cambios introducidos en la fase de adaptación local, en cambio, otros cambios se habrán perdido. Esto es debido a que el comité de control intenta balancear las diferencias entre las necesidades de los usuarios, por lo que no se mantienen todos los cambios realizados. Por lo tanto, incluso si un cambio se mantiene en la nueva revisión de la ontología compartida, puede que contenga diferencias con el cambio realizado anteriormente. No obstante, el usuario deberá reutilizar los nuevos conceptos en lugar de utilizar los definidos previamente de forma local, a fin de beneficiarse del desarrollo de la ontología compartida.

En general, la metodología DILIGENT propone un modelo de ciclo de vida de ontologías basado en prototipos evolutivos, que se muestra en la figura 4.

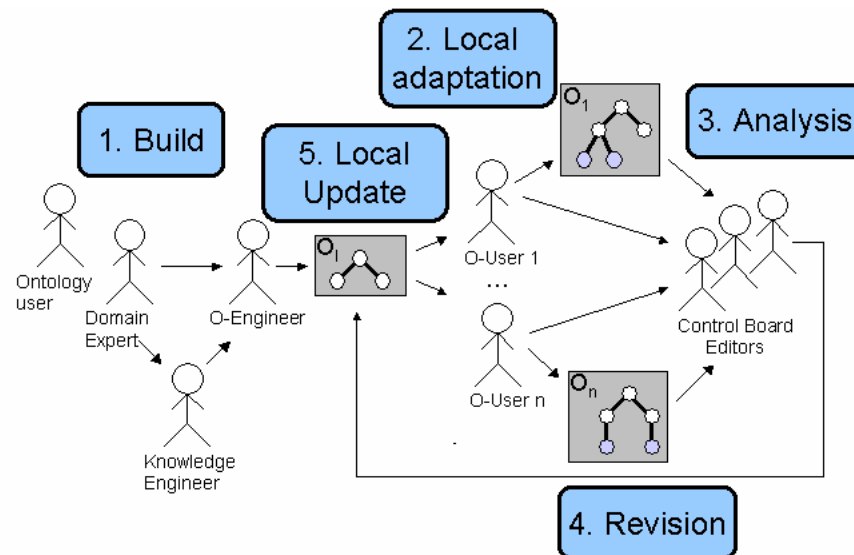


Figura 4 Ciclo de vida de DILIGENT [Engler *et al*, 2006]

Un aspecto central en la metodología DILIGENT es el marco de argumentación ya que se facilitan las discusiones sobre las razones de diseño de los cambios que se introducen en las diferentes fases del ciclo de vida. Especialmente en las fases de análisis y revisión, la argumentación de los cambios ayudan al comité de control a entender las razones para cada cambio específico [Engler *et al*, 2006].

2.2.4 NeOn Methodology

La metodología **NeOn** para desarrollo de redes de ontologías se crea como parte del proyecto NeOn¹⁹ con objeto de cubrir las carencias de las tres metodologías descritas en las secciones 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3 (METHONTOLOGY, *On-To-Knowledge* y DILIGENT). Las carencias principales se centran en que ninguna de ellas trata simultáneamente el concepto de red de ontologías ni las dimensiones de colaboración, contexto y dinamismo. Además, no proporcionan unas guías metodológicas para la reutilización y la reingeniería de fuentes de conocimiento existentes que ya han alcanzado cierto grado de consenso en una cierta comunidad.

Para la construcción de la metodología NeOn [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008; Gómez-Pérez & Suárez-Figueroa, 2008] se ha usado un enfoque basado en escenarios, puesto que se ha detectado que hay diferentes maneras o caminos para construir ontologías y redes de ontologías. Los escenarios propuestos en la metodología NeOn son flexibles ya que se permite la combinación entre ellos, al contrario que en los escenarios propuestos para construir ontologías en las metodologías explicadas en las secciones 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3, los cuales son demasiado rígidos. Además, en la metodología NeOn se proporciona flexibilidad mediante la posibilidad de adaptación a las necesidades y a los usuarios concretos, y la inclusión de nuevos procesos o actividades implicados en el desarrollo de redes de ontologías.

¹⁹ <http://www.neon-project.org>

La figura 5 presenta el conjunto de los nueve escenarios identificados para la construcción de ontologías y redes de ontologías. Las flechas numeradas representan los diferentes escenarios propuestos. Cada escenario se descompone en diferentes procesos o actividades que son representados con círculos de colores o con cajas redondeadas. Todos los procesos y actividades se encuentran definidos en el Glosario de Actividades de NeOn [Suárez-Figueroa & Gómez-Pérez, 2008a; Suárez-Figueroa & Gómez-Pérez, 2008b]. La figura también muestra (mediante cajas discontinuas) fuentes de conocimiento disponibles para su reutilización y posibles productos (redes de ontologías y alineación de ontologías) obtenidos como resultado de la ejecución de alguno de los escenarios presentados.

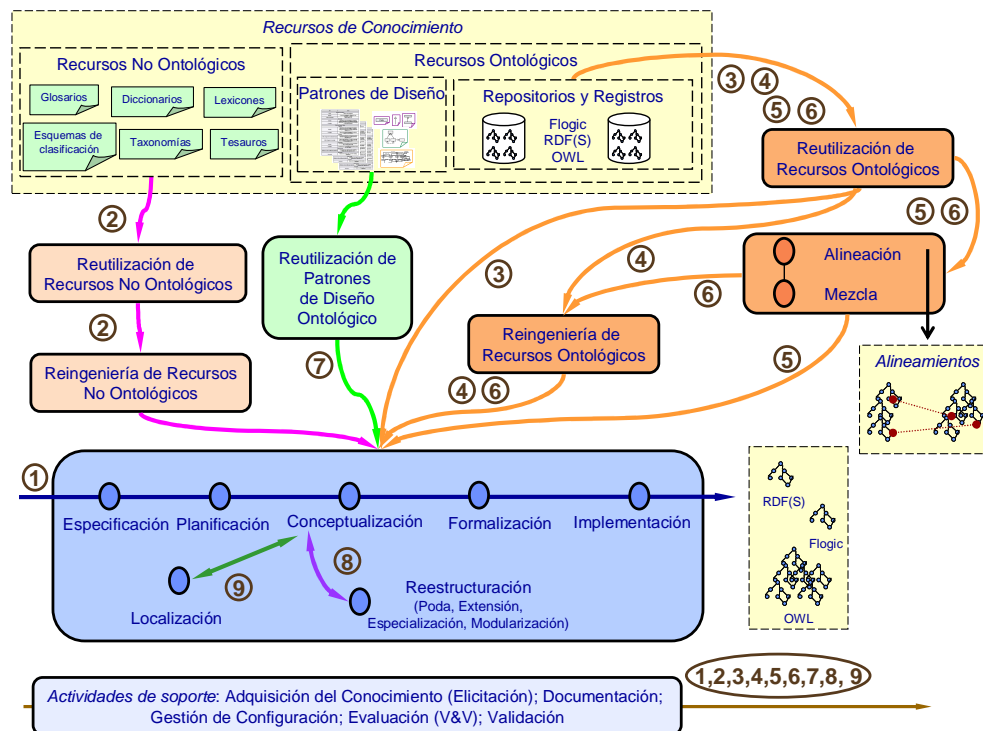


Figura 5 Escenarios para la construcción de ontologías y redes de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa et al., 2008])

Los escenarios²⁰ más comunes que pueden surgir durante el desarrollo de ontologías son los siguientes:

- Escenario 1. Desarrollo de redes de ontologías desde la especificación hasta la implementación.
- Escenario 2. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos.
- Escenario 3. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de recursos ontológicos.
- Escenario 4. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos ontológicos.

²⁰ Los escenarios son válidos para la construcción tanto de ontologías como de redes de ontologías.

- Escenario 5. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y mezcla de recursos ontológicos.
- Escenario 6. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización, mezcla y reingeniería de recursos ontológicos.
- Escenario 7. Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de patrones de diseño ontológico.
- Escenario 8. Desarrollo de redes de ontologías mediante reestructuración de recursos ontológicos.
- Escenario 9. Desarrollo de redes de ontologías mediante localización de recursos ontológicos.

Las actividades de adquisición y elicitación de conocimiento, documentación, gestión de la configuración, evaluación y validación deben ser llevadas a cabo durante todo el proceso de desarrollo de la ontología.

Sobre el conjunto de escenarios, podemos mencionar que todos los escenarios son combinables entre sí y además que el escenario 1 es el más frecuentemente utilizado para construir redes de ontologías sin reutilizar fuentes de conocimiento existentes. De hecho, este escenario es obligatorio en el desarrollo de ontologías y redes de ontologías siguiendo la metodología NeOn ya que contiene el núcleo de actividades que deben ser llevadas a cabo en cualquier desarrollo ontológico. Por este motivo, todos los escenarios llevados a cabo durante un desarrollo ontológico deben integrarse con el escenario 1. Sin embargo, como ya se ha mencionado anteriormente, cada vez más los desarrolladores de ontologías construyen redes de ontologías mediante la reutilización de fuentes de conocimiento ya existentes. Por esta razón, la metodología NeOn realiza una diferenciación entre los escenarios que implican la reutilización de recursos ontológicos y los que tratan con la reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos.

Aunque se piensa que este conjunto de escenarios cubre las maneras más plausibles de construir una red de ontologías, no se puede considerar completamente exhaustivo.

En [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008] se proporcionan guías metodológicas para distintas actividades involucradas en los escenarios 1, 2, 3 y 7 de la figura 5. Los procesos y actividades considerados en [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008] son: especificación de ontologías, reutilización de recursos no ontológicos, reingeniería de recursos no ontológicos, reutilización de recursos ontológicos y reutilización de patrones de diseño ontológico.

Actualmente se está trabajando en la mejora y extensión de las guías metodológicas propuestas en [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008] y en el desarrollo de guías para: selección, comparación y combinación de recursos no ontológicos, recursos ontológicos y patrones de diseño ontológico para la construcción de redes de ontologías; evaluación de las redes de ontologías; modularización de redes de ontologías; evolución de redes de ontologías y localización de redes de ontologías.

2.3 Patrones de diseño ontológico

El término “*pattern*” (que significa “*patrón*”) [Gangemi, 2005] aparece en inglés en el siglo XIV y deriva del latín “*patronus*” (que quiere decir “*patrón*”, y, metonímicamente “*ejemplar*”, es decir, algo propuesto para ser imitado). En los años setenta, el arquitecto y matemático Christopher Alexander acuñó el término “*patrón de diseño*” para referirse a las guías compartidas que son útiles para resolver problemas de diseño.

En el campo de los patrones de diseño ontológico podemos distinguir entre los patrones de diseño lógicos y los conceptuales [Gangemi, 2005]. Para el primer caso, el grupo de trabajo *W3C Semantic Web Best Practices and Deployment (SWBPD)*²¹ establece que las buenas prácticas son necesarias para proporcionar ayudas a los desarrolladores y usuarios de la Web Semántica. Este grupo de trabajo define las buenas prácticas como “*unas guías basadas en el consenso, diseñadas para facilitar el desarrollo de la Web Semántica con RDF y OWL*”, y propone patrones para resolver problemas de diseño con OWL, independientemente de una conceptualización particular, dirigidos por lo tanto a problemas lógicos. En el segundo caso, A. Gangemi propone patrones para resolver (en OWL o en cualquier otro lenguaje lógico) problemas de diseño para clases y relaciones del dominio que forman una ontología, enfocados a problemas de contenido [Gangemi, 2005].

Por otra parte, en [Presutti *et al.*, 2008] se clasifican los patrones de diseño ontológico en seis grupos principales como se puede observar en la figura 6.

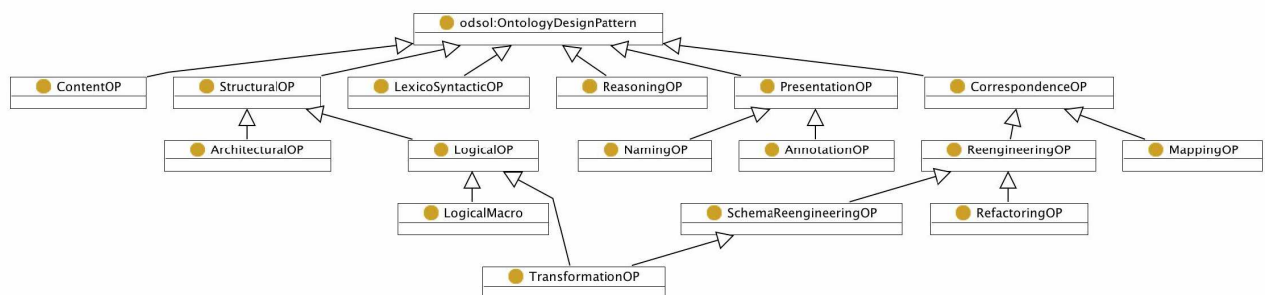


Figura 6 Tipos de patrones de diseño ontológico [Presutti *et al.*, 2008]

Estos grupos son:

- *Content* (contenido): Los patrones de contenido son dependientes del dominio que representan.
- *Structural* (estructural): Los patrones de diseño estructurales se pueden dividir en lógicos y arquitecturales.
- *Lexico-Syntactic* (Léxico-sintático): Los patrones léxico-sintácticos son estructuras lingüísticas o esquemas que permiten generalizar y extraer algunas conclusiones sobre el significado que expresan.

²¹ <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/>

- *Reasoning* (razonamiento): Los patrones de razonamiento son los típicos procedimientos de razonamiento.
- *Presentation* (presentación): Los patrones de presentación son los relativos a la usabilidad de la ontología desde el punto de vista del usuario y pueden ser tanto patrones de nombrado como de anotaciones.
- *Correspondence* (correspondencia): Los patrones de correspondencia pueden ser de reingeniería o de mapping.

Cada grupo está orientado a diferentes tipos de problemas y puede ser representado con distintos niveles de formalidad.

Para el desarrollo de este proyecto final de carrera se han tenido en cuenta los tipos de patrones de diseño ontológico que se detallan a continuación [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007a]:

- **Patrones Lógicos (LP²²)**: desde el punto de vista semántico son los equivalentes a los elementos de OWL especificados en el metamodelo de redes de ontologías de NeOn [Haase *et al.*, 2006], o a la composición de dichos elementos. Desde el punto de vista del diseño, un LP es una estructura independiente del contenido, esto es, una estructura sin tipo expresada únicamente mediante un término lógico. Por ejemplo, en el caso de OWL, puede ser instanciado mediante los elementos del lenguaje OWL. Un LP puede ser instanciado más de una vez en una misma ontología para resolver problemas de modelado similares. Por ejemplo, uno puede instanciar el LP “*subClassOf relation*” tantas veces como sean necesarias. Un LP afecta sólo a una parte específica y delimitada de la ontología, es decir, no afecta a la forma total de la ontología.
- **Patrones Arquitecturales (AP²³)**: son equivalentes a los LPs (o a la composición de los mismos) que se usan exclusivamente en el diseño de una ontología. Un AP también es una estructura independiente del contenido. En otras palabras, los AP representan la estructura general de una ontología. Un ejemplo básico de la AP es una taxonomía, que sólo se compone de los LPs “*Class*” (primitivo o definido) y “*subClassOf relation*”, de manera que una ontología a la que se aplique este patrón puede ser diseñada mediante la aplicación de dichos LPs.
- **Patrones de Contenido (CP²⁴)**: son una instancia de LP (o composición de LPs). Un CP es una estructura expresada con un vocabulario específico de un dominio. Un CP representa y resuelve un problema de modelado de dominio y afecta a la parte de la ontología relacionada con el dominio en que se aparece el problema de modelado [Gangemi, 2005].

²² Siglas de la forma inglesa “*Logical Pattern*”

²³ Siglas de la forma inglesa “*Architectural Pattern*”

²⁴ Siglas de la forma inglesa “*Content Pattern*”

A continuación, en las secciones 2.3.1 y 2.3.2, se presentan las librerías de patrones de diseño ontológico existentes y las distintas formas que existen de reutilización de dichos patrones respectivamente.

2.3.1 Librerías de patrones de diseño ontológico

Existen diversas librerías que contienen descripciones de patrones de diseño ontológicos. En estas librerías se proponen soluciones de modelado a diferentes tipos de problemas de diseño. Las librerías pueden proporcionar además de la explicación de cada tipo de problema y su solución, el código asociado a cada patrón propuesto, por ejemplo en lenguaje OWL. Entre este tipo de librerías, a los que llamaremos repositorios en lo sucesivo, se encuentran los siguientes:

- **Ontology Design Patterns (ODP) Wiki**²⁵: en este Wiki se puede encontrar un repositorio de patrones de diseño ontológico previamente revisados por un comité de calidad. Además los usuarios pueden proponer nuevos patrones así como consultar, o plantear, cuestiones de modelado. Actualmente este repositorio contiene únicamente patrones de contenido. Los pasos siguientes consistirán en ampliar el repositorio añadiendo patrones de reingeniería y lógicos.
- **W3C Semantic Web Best Practices and Deployment (SWBPD)**²⁶: este repositorio contiene descripciones y ejemplos de algunos patrones de modelado. También se pueden encontrar otro tipo de buenas prácticas como guías, repositorios de vocabularios y ontologías, material educacional y demos.

También existen librerías que no proporcionan el código de los patrones pero en los que se pueden encontrar descripciones de un gran número de patrones de diseño ontológico. Estas librerías siguen el principal enfoque aplicado en ingeniería del software para describir patrones que consiste en utilizar una plantilla para la descripción de los patrones y recolectarlos en un catálogo. En los siguientes entregables del proyecto NeOn se pueden encontrar catálogos de patrones de diseño ontológico:

- **NeOn D2.5.1 [Presutti et al., 2008]**: *A Library of Ontology Design Patterns: reusable solutions for collaborative design of networked ontologies*. El catálogo contiene patrones de contenido clasificados de acuerdo al dominio del que tratan.
- **NeOn D5.1.1 [Suárez-Figueroa et al., 2007a]**: *NeOn Modelling Components*. El catálogo proporciona la descripción de patrones lógicos, arquitecturales y algunos patrones de contenido.

2.3.2 Reutilización de patrones de diseño ontológico

Los patrones de diseño ontológico se pueden reutilizar de distintas maneras según el tipo de patrón que se esté reutilizando. Por ejemplo, los patrones arquitecturales no aportan un código

²⁵ <http://ontologydesignpatterns.org/>

²⁶ <http://www.w3.org/2001/sw/BestPractices/>

que podamos reutilizar o adaptar, sin embargo nos dan una idea de la estructura, forma o apariencia que puede tener una ontología, y es esta idea la que se reproduce o imita en la nueva ontología cuando reutilizamos algún patrón de este tipo.

Por otro lado, los patrones de diseño lógicos nos indican qué elementos del lenguaje de implementación de ontologías son necesarios para reutilizar el patrón. En este caso, al reutilizar el patrón, estaríamos instanciando las primitivas del lenguaje de implementación de ontologías o el código aportado por el patrón.

Un caso especial son los patrones de contenido ya que a la hora de reutilizarlos se pueden dar diferentes situaciones en las cuales el procedimiento de reutilización consistirá en la realización de distintas actividades o la composición de las mismas. Normalmente, estas actividades son: *importación*, *especialización*, *expansión* o *composición* [Presutti & Gangemi, 2008].

- La *importación* consiste en reutilizar el CP añadiendo su contenido a la ontología que estamos creando, por ejemplo, mediante el uso del constructor “*owl::imports*”.
- La *especialización* de un CP consiste en modificar el patrón de manera que cubra un dominio más concreto.
- La *expansión* de un CP consiste en modificar el patrón para cubrir un dominio más general.
- La *composición* de CP consiste en la utilización de varios CPs combinados entre sí con la finalidad de cubrir un dominio más amplio que el cubierto por un solo patrón.

A continuación se explican algunas de las diferentes situaciones [Presutti & Gangemi, 2008] en las que se puede encontrar un desarrollador de ontologías durante la reutilización de CPs y las acciones que debe llevar a cabo en cada caso. Esta clasificación se basa en el grado de concordancia entre el CP que se pretende reutilizar y el problema de modelado que se intenta resolver mediante la reutilización del CP.

- *Concordancia precisa o redundante*. El CP encaja exacta o redundantemente con el problema del dominio local. El CP se puede usar directamente para describir el problema del dominio local, por tanto, el CP sólo tiene que ser *importado* en la ontología de dominio.
- *Concordancia más general*. El CP es más general que el problema del dominio local. En este caso puede que el campo “*Generalization Of*” del CP contenga alguna referencia a un CP menos general que lo especialice. Si ninguna de las referencias mencionadas es apropiada, entonces el CP tiene que ser *importado* y luego *especializado* para cubrir la parte del dominio que se quiere representar.
- *Concordancia más específica*. El CP es más específico que el problema del dominio local. En este caso puede que el campo “*Specialization Of*” del CP contenga alguna referencia a un CP menos específico que lo generalice. Si ninguna de las referencias incluidas es apropiada, entonces el CP tiene que ser *importado* y luego *generalizado* para cubrir la parte del dominio que se quiere representar.

- *Concordancia parcial.* El CP encaja parcialmente con el problema del dominio local. En este caso puede que el campo “*Component Of*” del CP contenga alguna referencia a un CP del cual sea componente. Si ninguno de estos CP compuestos es adecuado, el problema del dominio local tiene que ser dividido en problemas más pequeños. Uno de estos problemas será posiblemente cubierto por el CP seleccionado. Para el resto de subproblemas, se han de seleccionar otros CPs. Todos los CPs tienen que ser *importados* y *compuestos*. Si el problema del dominio local no es demasiado grande, vale la pena proponer una nueva entrada en el catálogo de CPs para el resultado del CP compuesto.

Capítulo 3: Planteamiento

En este capítulo se ofrece una visión sobre la motivación que ha llevado a la realización de este proyecto final de carrera así como de los objetivos perseguidos y el proceso general seguido para alcanzar dichos objetivos.

3.1 Motivación

La realización de este proyecto final de carrera está motivada, por un lado, por la necesidad de desarrollar una red de ontologías para representar conocimiento del dominio relativo al Camino de Santiago para el proyecto nacional GeoBuddies²⁷.

Por otro lado, los problemas con los que se encuentran los desarrolladores de ontologías y redes de ontologías a la hora de crear dichas redes, ponen de manifiesto la necesidad de paliar la carencia de guías metodológicas para crear redes de ontologías y de proporcionar recomendaciones para evitar el uso de antipatrones y malas prácticas durante la creación de las mismas.

3.2 Objetivos

Los objetivos que se pretenden alcanzar con este proyecto final de carrera son los siguientes:

- **Objetivo 1:** Construir una red de ontologías basada en Lógica Descriptiva que modele el conocimiento relacionado con el Camino de Santiago el cuál incluye información sobre dominios como el arte, la geografía, la arquitectura, etc.
- **Objetivo 2:** Proponer unas guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías.
- **Objetivo 3:** Proponer unas guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas de diseño durante el desarrollo de ontologías y redes de ontologías.

3.3 Proceso general

Para abordar el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago se propuso como enfoque la reutilización de ontologías existentes siempre que fuese posible en lugar de construir la red desde cero. Para ello se contaba como punto de partida con las ontologías resultantes de las prácticas realizadas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. En dichas prácticas los alumnos de la asignatura, en grupos de dos personas, debían construir una ontología de un dominio concreto para el Camino de Santiago. Los alumnos tenían libertad para elegir como idioma de la ontología el castellano, el inglés, o ambos. En total se obtuvieron varias ontologías por cada dominio en el que se dividió el conocimiento del Camino de Santiago. A continuación se indica el número de ontologías que se obtuvieron por cada dominio y el idioma en el que están desarrolladas.

²⁷ <http://www.geobuddies.net>

- Arte: 2 ontologías, ambas en castellano. Una de las cuales era una red de ontologías formada por distintos módulos ontológicos²⁸.
- Arquitectura: 2 ontologías, 1 en castellano y 1 en inglés
- Geografía: 2 ontologías, 1 en castellano y 1 en inglés
- Gustos y personalidad: 1 ontología en castellano
- Servicios Comunitarios: 4 ontologías, 3 en castellano y 1 en inglés

Para el desarrollo de la red de ontologías del Camino de Santiago mediante la conexión de las ontologías necesarias, en este proyecto final de carrera se estableció como restricción que para los dominios en los que existiera al menos una ontología procedente de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 era obligatorio reutilizar alguna de ellas en lugar de cualquier otra encontrada en algún repositorio de ontologías o en la web.

Para los dominios no representados en las ontologías de las prácticas no se estableció ninguna restricción y por tanto existía total libertad para decidir entre cualquier tipo de reutilización, ya fuese de recursos ontológicos o no ontológicos, o para realizar el desarrollo desde cero. Las decisiones tomadas en cada caso se explican en detalle en el capítulo 5.

Sobre las ontologías reutilizadas se tomó la decisión de traducir al castellano sólo aquellas procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 y no las procedentes de la web o repositorios de ontologías como por ejemplo FOAF²⁹.

Para llevar a cabo el desarrollo de la red de ontologías se ha seguido la metodología NeOn presentada en el estado de la cuestión (apartado 2.2.4), utilizando como herramienta de construcción de ontologías Protégé 4 y OWL-DL como lenguaje de implementación de ontologías.

Para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto final de carrera se han realizado las siguientes actividades:

- **Objetivo 1:** Construir una red de ontologías basada en Lógica Descriptiva que modele el conocimiento relacionado con el Camino de Santiago el cuál incluye información sobre dominios como el arte, la geografía, la arquitectura, etc.
 - Análisis de las ontologías de partida. Como se ha mencionado anteriormente, como punto de partida se contaba con una serie de ontologías desarrolladas por estudiantes de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. Por cada uno de los dominios relacionados con el Camino de Santiago se disponía de varias ontologías susceptibles de ser reutilizadas en el desarrollo de la red. Por tanto, fue necesario analizar todas las ontologías de

²⁸ En el contexto de este proyecto final de carrera se utilizarán indistintamente los términos “ontología” y “módulo ontológico”.

²⁹ <http://www.foaf-project.org/>

- cada dominio y decidir cuál era la más apropiada para reutilizar basándose en diversos criterios como por ejemplo el grado en el que cubre cada ontología el dominio en cuestión.
- Búsqueda y selección de recursos, ya sea ontológicos o no ontológicos, para los dominios no cubiertos por las ontologías de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008.
 - Reutilización de los recursos ontológicos o no ontológicos. Una vez seleccionados los recursos que se iban a reutilizar en el desarrollo de la red se realizaron los cambios oportunos sobre cada una de ellos para adaptarlos al dominio que se quería modelar.
 - Creación de la red de ontologías. En este paso se realizaron las conexiones necesarias entre las ontologías reutilizadas creando la red de ontologías.
- **Objetivo 2:** Proponer unas guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías. Este es un objetivo derivado del primero ya que se basa en la experiencia adquirida y los problemas encontrados a lo largo del desarrollo del mismo, concretamente de la actividad relativa a la creación de redes de ontologías.
 - Recopilación y análisis de los problemas encontrados y las decisiones tomadas durante la creación de la red de ontologías para el Camino de Santiago.
 - Desarrollo de las guías metodológicas preliminares para la creación de las redes de ontologías.
 - **Objetivo 3:** Proponer unas guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas de diseño durante el desarrollo de ontologías y redes de ontologías.
 - Análisis de las ontologías desarrolladas por los estudiantes de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 en busca de soluciones de diseño que se correspondan con patrones de diseño ontológico, antipatrones de diseño ontológico y malas prácticas llevadas a cabo durante el desarrollo de ontologías y redes de ontologías.
 - Análisis de las malas prácticas detectadas con el fin de proponer recomendaciones para evitar su utilización.
 - Elaboración de las guías metodológicas preliminares para orientar el modelado evitando la utilización de malas prácticas durante el desarrollo de ontologías.
 - Clasificación de las malas prácticas detectadas en el desarrollo de ontologías y redes de ontologías.

Capítulo 4: Análisis de patrones y antipatrones en ontologías

Durante el desarrollo de este proyecto final de carrera se han analizado las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 con el objetivo de comprobar si dichas ontologías contienen patrones de diseño ontológico. En concreto el análisis se ha realizado con respecto a los siguientes tipos de patrones: a) patrones lógicos, b) patrones arquitecturales y c) patrones de contenido.

Fruto de este análisis, se ha comprobado que es frecuente que las ontologías incluyan antipatrones o malas prácticas, por tanto ha surgido la necesidad de desarrollar unas pautas metodológicas que lo eviten.

En la sección 4.1 de este capítulo se muestra el análisis realizado para la identificación de patrones y antipatrones existentes en las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. En la sección 4.2 se proponen una adaptación y una combinación de patrones de diseño ontológico como solución a ciertos problemas de diseño encontrados durante el análisis de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. En la sección 4.3 se presenta una serie de malas prácticas que se han detectado en las ontologías estudiadas y se realiza una clasificación de las mismas.

4.1 Identificación de patrones y antipatrones

En [Presutti *et al.*, 2008] se definen los antipatrones de contenido como una solución de modelado que se diferencia de un patrón de contenido en que codifica de manera errónea su dominio específico.

En el análisis realizado sobre las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se han tenido en cuenta no sólo los antipatrones de contenido sino también antipatrones relacionados con los patrones de diseño ontológico lógicos y arquitecturales. Puesto que en la literatura no existe una definición concreta para antipatrón en general, en el ámbito de este proyecto final de carrera se utiliza el término **antipatrón** como una solución errónea a un problema de modelado.

Es importante resaltar que las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se desarrollaron sin tener en cuenta la existencia de los patrones de diseño ontológico, es decir, los alumnos no tenían conocimiento sobre dichos patrones a la hora de desarrollar las ontologías y consecuentemente no podían reutilizarlos. Por lo tanto, este análisis no tiene como objetivo observar si se realiza o no reutilización de patrones de diseño ontológico si no identificar los casos en los que se observan patrones y/o antipatrones.

Para identificar los casos en los que se pueden observar patrones y/o antipatrones en las ontologías estudiadas se han analizado manualmente cada una de ellas teniendo en cuenta cual era el problema que cada una pretendía resolver. El procedimiento seguido para el análisis de cada ontología ha sido buscar partes de la ontología que encajasen con alguna de estas situaciones:

- Diseños que se correspondan con soluciones propuestas en algún patrón de diseño ontológico de los disponibles en las librerías.
- Problemas de diseño que podrían resolverse mediante la reutilización de algún patrón de diseño ontológico de los disponibles en las librerías.

Una vez identificada alguna de las situaciones anteriores se ha clasificado dicha situación siguiendo el árbol de decisión mostrado en la figura 7. En este árbol se diferencian dos ramas principales, la primera, cuyos nodos se unen por flechas con línea continua, que representa si se ha observado un patrón o un antipatrón en una ontología de las estudiadas. La segunda rama, cuyos nodos se unen por flechas de línea discontinua, representa si se podría haber utilizado o no un patrón de diseño ontológico para un problema en cuya solución no se ha identificado un diseño equivalente a algún patrón de diseño ontológico de los disponibles en las librerías.

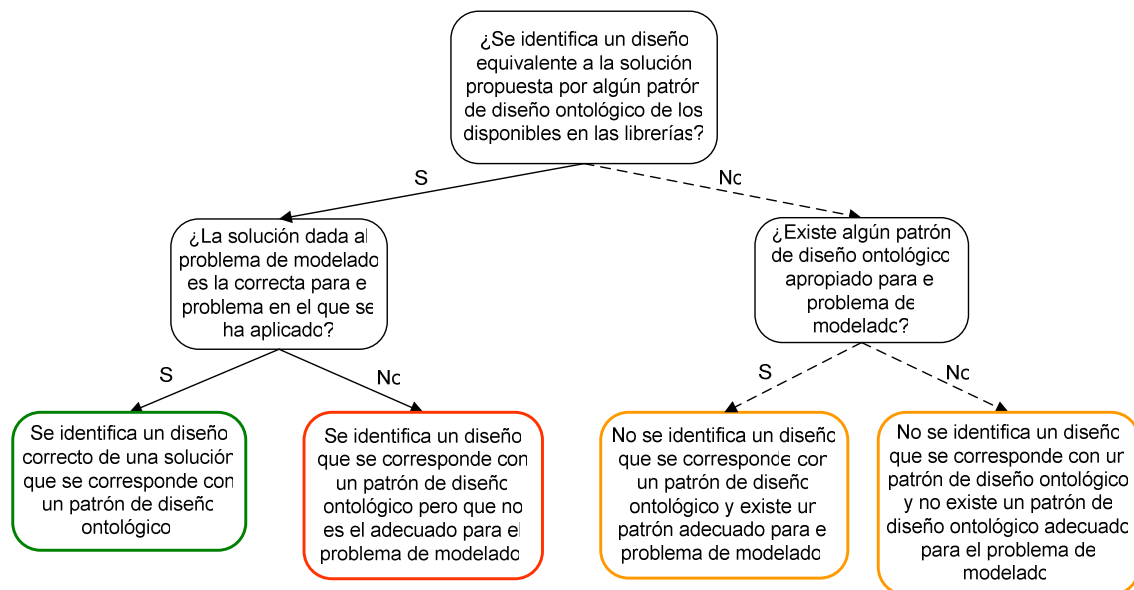


Figura 7 Árbol de decisión para clasificar patrones y antipatrones

El árbol de la figura 7 clasifica cada una de las situaciones encontradas en alguno de los siguientes cuatro nodos hoja (ordenados por orden de aparición de izquierda a derecha en el árbol):

1. Casos en los que se ha identificado un diseño correcto de una solución que se corresponde con un patrón de diseño ontológico de los disponibles en las librerías.
2. Casos en los que se ha identificado un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico pero que no es el adecuado para el problema de modelado.

3. Casos en los que no se identifica un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico y existe un patrón adecuado para el problema de modelado que se podría haber aplicado en caso de conocer los patrones de diseño ontológico.
4. Casos en los que no se identifica un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico y no existe un patrón de diseño ontológico adecuado para el problema de modelado. Este caso puede dar lugar a nuevos patrones de modelado, como por ejemplo adaptando o combinando alguno de los existentes como se propone en la sección 4.2. En este caso se incluyen también las malas prácticas identificadas durante el análisis de las ontologías que se detallan en la sección 4.3.

El resultado obtenido tras analizar las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se muestra en la tabla 1. En dicha tabla se muestra en cada columna los casos que se han encontrado de cada una de las situaciones contempladas en el árbol descrito en la figura 7. En las filas se representa el patrón de diseño ontológico con el que se relaciona cada uno de los casos encontrados. En la cuarta columna únicamente se muestran los casos que están asociados a patrones existentes ya que las situaciones en las que de momento, no existe patrón asociado se detallan en la sección 4.3.

En la última fila de la tabla 1 se muestran el total de situaciones encontradas por cada uno de los casos descritos en las columnas.

Por una parte, se puede observar que se han encontrado 208 situaciones en las que se ha identificado un diseño correcto de una solución que se corresponde con un patrón de diseño ontológico.

Por otra parte, se observa que se han encontrado 83 situaciones en las que se ha identificado una solución que se corresponde con la modelización propuesta en algún patrón de diseño ontológico, sin embargo dicha solución no era apropiada al problema de diseño que se pretendía resolver. El número de veces que se da esta situación podría verse reducido si se tuviera conocimiento sobre los patrones de diseño ontológico a la hora de desarrollar las ontologías.

Además se puede observar que se han encontrado 34 situaciones en las que el conocimiento de los patrones de diseño ontológico podría haber ayudado a proporcionar una solución más adecuada a ciertos problemas de diseño.

Por último se han obtenido 3 casos en los que se podrían haber adaptado patrones de diseño ontológico existentes a situaciones distintas de las especificadas en los mismos. Dichas adaptaciones se detallan en la sección 4.2.

	Se identifica un diseño correcto de una solución que se corresponde con un patrón de diseño ontológico.	Se identifica un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico pero que no es el adecuado para el problema de modelado.	No se identifica un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico y existe un patrón adecuado para el problema de modelado.	No se identifica un diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico y no existe un patrón de diseño ontológico adecuado para el problema de modelado.
Clase primitiva		12		
Clase definida	72	23		
Multiherencia entre clases	23	4		
Relación de equivalencia entre clases	5	2	8	
Restricción existencial	62	15		
Restricción universal	33	2		
Relación UniónDe		3		
Clases disjuntas	5	2	3	
Partición exhaustiva	6	1		
Relación N-aria: Nueva clase	2		1	1
Modelado de valores concretos: Conjunto de individuos		6	9	
Taxonomía		7	2	
Arquitectura modular			6	
ParteDe		4		
Relación Parte-Todo: Jerarquía de clases			1	
Relación Parte-Todo				2
Precedencia				
Precio			3	
Componente			1	
Total: 328	208	83	34	3

Tabla 1 Identificación de patrones y antipatrones en ontologías estudiadas

4.2 Adaptación y combinación de patrones existentes

Durante el análisis de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se han detectado dos situaciones de modelado en las que se podría adaptar uno o varios patrones de diseño ontológico ya existentes. El primero de los casos es la adaptación del patrón “*N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation*” [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007a] al caso de las distancias entre ciudades y el segundo caso consiste en combinar el patrón “*Precedence*” disponible en [Presutti *et al.*, 2008] y el patrón “*Part-Whole Relation*” disponible en [Suárez-Figueroa *et al.*,

2007a] para modelar la precedencia en los tramos de las rutas del Camino De Santiago y la precedencia de entidades temporales como años, siglos, etc.

- **Adaptación del patrón “*N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation*”:**

Durante el análisis realizado sobre las ontologías se encontró la solución expuesta en la figura 8 ante el problema de representar la distancia entre dos ciudades. En esta solución se modeliza la distancia entre una ciudad y Santiago de Compostela como un atributo de tipo entero. Esta solución no es apropiada si se quieren representar distancias entre ciudades cualesquiera y no sólo entre cualquier ciudad y Santiago de Compostela.

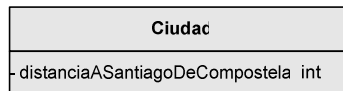


Figura 8 Solución encontrada para el problema de las distancias

La relación de distancia entre dos ciudades representa un caso de relación n-aria ya que representa una relación binaria entre dos ciudades, la cual necesita un argumento, la distancia en cuestión. Siguiendo el patrón de diseño “*N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation*” se plantea la solución propuesta en la figura 9. Con esta solución se puede representar la distancia de una ciudad a cualquier otra ciudad incluyendo la distancia en cuestión en el atributo “distancia” de la clase “RelacionDistancia” que es la que se ha creado siguiendo el patrón de diseño ontológico. En esta solución se ha cambiado el tipo de la distancia ya que no tienen porqué ser siempre números enteros.

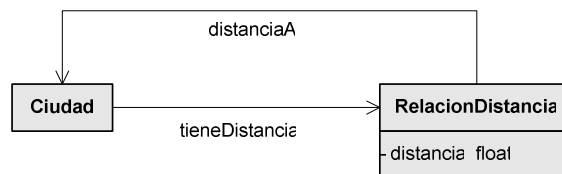


Figura 9 Relación distancia modelizada mediante el patrón de diseño ontológico “*N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation*”

Analizando el problema de las distancias un poco más en profundidad se observa que la clase origen y destino de la relación es la misma, “Ciudad” y además se identifica la siguiente propiedad: Si $distancia(a, b, x)$ entonces $distancia(b, a, x)$. Esta propiedad es equivalente a “*owl:SymmetricProperty*”³⁰ de OWL para las relaciones binarias. Estas características hacen que con la solución propuesta en la figura 9 se tenga la información referente a la distancia entre dos ciudades duplicada. Esto es, tendremos la información de la distancia entre las ciudades “a” y “b” y entre las ciudades “b” y “a” que es la misma. Por este motivo se plantea la solución propuesta en la figura 10.

³⁰ <http://www.w3.org/TR/owl-ref/#SymmetricProperty-def>

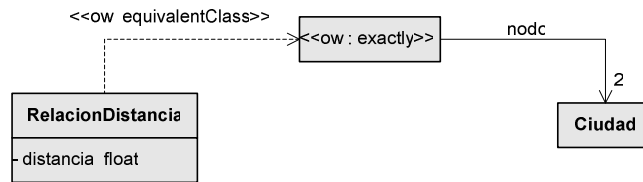


Figura 10 Relación distancia modelizada mediante una adaptación del patrón de diseño ontológico “N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation”

Esta adaptación del patrón “N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation” se puede aplicar en otros problemas en los que la relación sea simétrica, es decir, que se cumpla que “Si $relacion(a, b, x)$ entonces $relacion(b, a, x)$ ”. Un ejemplo de aplicación de esta adaptación puede ser la fecha de matrimonio entre dos personas ya que se cumple que la relación “seCasoCon”, en la que se quiere especificar la fecha, tendría como rango y dominio la clase “Persona” y también se da la característica de reciprocidad: Si $seCasoCon(persona1, persona2, fecha)$ entonces $seCasoCon(persona2, persona1, fecha)$.

- Combinación de los patrones “Precedence” y “Part-Whole Relation”:** Durante el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago fue necesario representar información sobre los tramos de las rutas. Por ejemplo, se necesita representar que un tramo de ruta es el posterior/anterior inmediato a otro tramo de ruta, y además es posterior/anterior a otros tramos. En el dominio del tiempo, años, siglos, etc. fue también necesario representar conocimiento equivalente, es decir, un año precede a varios años pero precede sólo a uno de manera inmediata. Como se ve en la figura 11 existe un patrón de diseño ontológico “Precedence” que nos permite representar que una entidad precede o sigue a otra, en cambio no nos permite representar que una entidad sigue a otra de manera inmediata. Como se explica en la librería que contiene dicho patrón [Presutti *et al.*, 2008], para poder representar la precedencia inmediata es necesario especializar el patrón y además instanciar el patrón “transitive reduction Logical OP” que consiste en crear una sub-relación no transitiva de la relación transitiva del patrón.

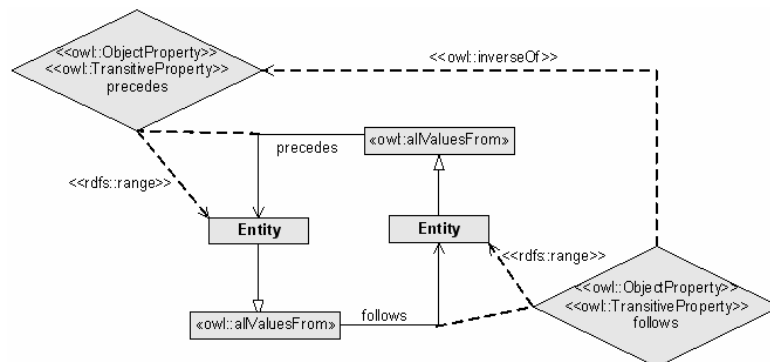


Figura 11 Patrón “Precedence” [Presutti *et al.*, 2008]

Existen otros patrones, como el representado en la figura 12, que ya incorporan la combinación de las relaciones transitivas con una sub-relación que no tenga la característica de transitividad, para resolver el problema de modelado expuesto. Este

patrón mostrado en la figura 12 utiliza este mecanismo para representar que una entidad es parte o es parte directa de otras entidades sin necesidad de añadir relaciones sobre la solución propuesta en el patrón.

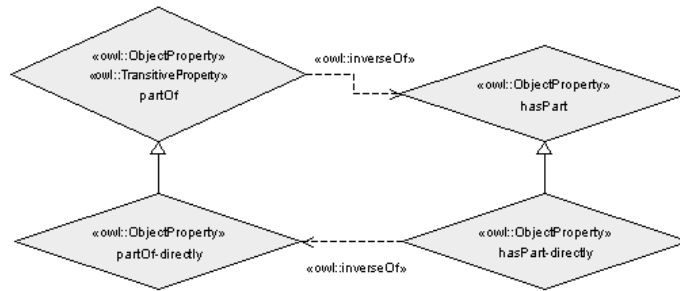


Figura 12 Patrón “*Part-Whole Relation*” [Suárez-Figueroa et al., 2007a]

Puesto que es común encontrar problemas de diseño en los que se quiere representar que una entidad sigue o precede a otra directamente o no, y puesto que existen patrones que ya especifican ese conocimiento general, se plantea la combinación del patrón propuesto en la figura 11 con el propuesto en la figura 12. Esta combinación consiste en ampliar el patrón “*Precedence*” con la estructura de relaciones propuesta en el patrón “*Part-Whole Relation*” como se puede observar en la figura 13. En esta figura también se especifica que una entidad sigue o precede directamente únicamente a una entidad, por ejemplo un tramo de ruta, sigue o precede directamente como mucho a un único tramo de ruta.

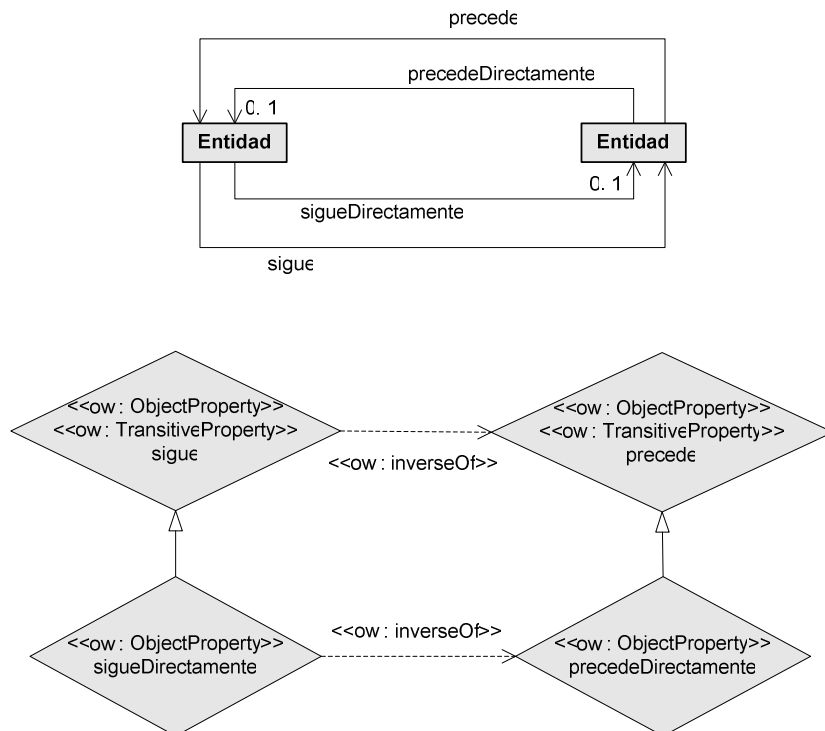


Figura 13 Combinación de los patrones “*Precedence*” y “*Part-Whole Relation*”

4.3 Malas prácticas y recomendaciones

Durante el análisis de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se han identificado casos no sólo de existencia de antipatrones como se mostró en la sección 4.1 sino también una serie de malas prácticas que se suelen dar a la hora de desarrollar ontologías. Estas malas prácticas identificadas en las ontologías analizadas constituyen problemas relativos a modelado, razonamiento, representación, etc. Sin embargo, no quiere decir que todos los diseños o modelados equivalentes a las situaciones que se presentan en este capítulo constituyan un error en cualquier ontología en la que se encuentren.

En esta sección se va a mostrar una posible clasificación de las malas prácticas detectadas en las ontologías estudiadas y una descripción de cada una de ellas. Para realizar esta clasificación se ha partido de los tipos de patrones de diseño ontológico expuestos en la figura 6.

Cada mala práctica se va a asociar con el tipo de patrón de diseño ontológico al que podría pertenecer un patrón creado para evitar dicha mala práctica. De momento no existen patrones de diseño para evitar las malas prácticas, por esta razón se agrupan de acuerdo al posible tipo de patrón adecuado y no se relacionan directamente con uno o varios patrones de diseño ontológico en concreto.

La figura 14 muestra la clasificación de las malas prácticas identificadas de acuerdo a los tipos de patrones de diseño ontológicos propuestos en [Presutti *et al.*, 2008].

En la figura 14 se puede observar que las malas prácticas de “Polisemia” y “Misma URI para distintos elementos de la ontología” pertenecen a la categoría de patrones de diseño ontológico de “Nombrado”. En la categoría de “Anotación” se encuentran las malas prácticas referentes a “Sinónimos como clases” y “*Label vs Comment* y demás anotaciones”. Como malas prácticas relacionadas con los patrones de diseño ontológico de “Razonamiento” tenemos “Relaciones inversas que no lo son”, “Relaciones inversas sin definir”, “Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos”, “Definición recursiva” e “Información incompleta”. En relación con los patrones de diseño ontológico de “Contenido” se encuentran las malas prácticas “Información incompleta” y “Clase miscelánea”. Las malas prácticas relacionadas con los patrones de diseño ontológico de tipo “Lógico” son “Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango”, “Clase “2 en 1”, “Clases vs Instancias”, “Relación “es””, “Información incompleta” y “Clase miscelánea”.

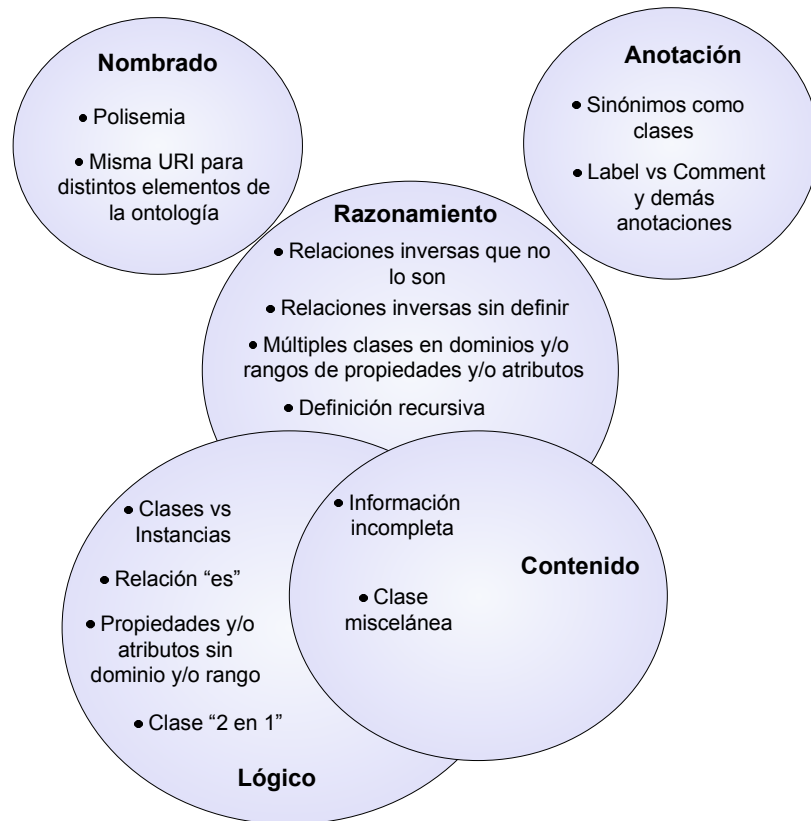


Figura 14 Clasificación de las malas prácticas identificadas

Como se puede observar en la figura 14 existen malas prácticas que pertenecen a varios grupos de patrones de diseño ontológico. El primero de estos casos es la mala práctica llamada "Información incompleta" que pertenece a los grupos "Razonamiento", "Contenido" y "Lógico". El segundo caso es "Clase miscelánea" que se encuentra en los grupos de "Contenido" y "Lógico".

Se pueden realizar otras clasificaciones de las malas prácticas siguiendo como criterio el posible origen de la mala práctica. Por ejemplo, si el origen de la mala práctica puede ser la conversión de tesauros a ontologías tendríamos las siguientes malas prácticas:

- Clases vs Instancias
- Clase "2 en 1"
- Sinónimos como clases

Si el origen pueden ser las características del interfaz de usuario que proporcione la herramienta con la que se desarrollan las ontologías podríamos tener las siguientes malas prácticas:

- Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos
- Definición recursiva
- Misma URI para distintos elementos de la ontología

A continuación se van a describir cada una de las malas prácticas encontradas en las ontologías estudiadas y las guías preliminares propuestas para evitar dichas malas prácticas. Para realizar esta descripción se ha utilizado el formato de la “Plantilla para describir posibles malas prácticas en el desarrollo de ontologías”, cuyo contenido se describe en la tabla 2.

Nombre	Nombre representativo de la mala práctica que se pretende evitar.		
Descripción			
Este campo incluye una descripción general de la mala práctica. Se pueden incluir aquí los posibles inconvenientes que puede acarrear el uso de la mala práctica y los distintos casos en los que se puede dar.			
Recomendación			
En este campo se pretenden aportar unas pautas o recomendaciones para evitar el uso de la mala práctica.			
Ejemplo			
Descripción de un ejemplo representativo de la aplicación de la mala práctica. En el campo “No recomendado” de esta tabla se muestra una representación gráfica del ejemplo descrito en el cuál se ha identificado la mala práctica que se trata en la tabla. En cambio, en el campo “Recomendado” se muestra un posible diseño para el problema que se plantea en el ejemplo en el que se evita la utilización de la mala práctica descrita.			
Es importante resaltar que las modelizaciones que aparezcan en los ejemplos pueden no ser las más adecuadas o ser antipatrones, por lo que se debe centrar la atención en las características propias de la mala práctica que se esté analizando y no en la modelización propuesta en el ejemplo.			
No recomendado		Recomendado	
Representación gráfica mediante capturas de pantalla de Protégé.		Representación gráfica mediante capturas de pantalla de Protégé.	
Comentarios			
Posibles comentarios sobre la mala práctica o la recomendación asociada. Este campo es opcional.			

Tabla 2 Plantilla para describir posibles malas prácticas en el desarrollo de ontologías

Las descripciones y recomendaciones para las malas prácticas se exponen siguiendo la clasificación mostrada en la figura 14 y se presentan en las tablas sucesivas a lo largo de la sección:

- Razonamiento
 1. Relaciones inversas que no lo son (tabla 3)
 2. Relaciones inversas sin definir (tabla 4)
 3. Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos (tabla 5)
 4. Definición recursiva (tabla 6)
 5. Información incompleta (tabla 7)
- Lógico
 6. Clases vs Instancias (tabla 8)
 7. Relación “es” (tabla 9)
 8. Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango (tabla 10)
 9. Clase “2 en 1” (tabla 11)

10. Clase miscelánea (tabla 12)

- Anotación

11. Sinónimos como clases (tabla 13)

12. *Label vs Comment* y demás anotaciones (tabla 14)

- Nombrado

13. Polisemia (tabla 15)

14. Misma URI para distintos elementos de la ontología (tabla 16)

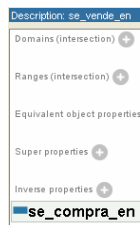
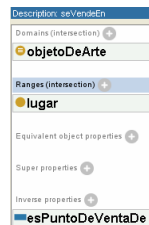
Nombre	Relaciones inversas que no lo son
Descripción	
<p>Esta mala práctica consiste en definir dos relaciones como inversas cuando en realidad no lo son.</p> <p>Como consecuencia de esta mala práctica probablemente se obtenga conocimiento no deseado al poner en marcha un razonador sobre la ontología ya que al instanciar una de las relaciones el razonador automáticamente concluirá la sentencia inversa que puede no ser correcta en el dominio. Esto es debido a que las relaciones inversas se definen como sigue:</p> <p><i>Si una relación, P, se define como inversa de (owl:inverseOf) otra relación P2, entonces para todo x e y se cumple:</i></p> $P1(x,y) \leftrightarrow P2(y,x)$ <p>Algunas posibles situaciones en las que se puede cometer este error son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confundir dos acciones inversas con relaciones inversas. • No comprobar la implicación de la definición de relaciones inversas en los dos sentidos. Es decir, siendo A y B las relaciones que se quieren definir como inversas, se tiene que siempre que ocurre la relación A ocurre la relación B pero no se comprueba que siempre que ocurra la relación B se da necesariamente la relación A. 	
Recomendación	
<p>Unas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar que si se pone el verbo de una de las relaciones en pasiva se obtiene el verbo de la otra relación. • Comprobar si el dominio de una relación es el rango de la otra y viceversa. Este es uno de los motivos por los que es conveniente determinar el rango y el dominio de las relaciones siempre que se pueda. • Comprobar que siempre que se da una relación entre dos individuos necesariamente se debe dar la relación inversa. 	
Ejemplo	
<p>Este ejemplo representa el caso de confundir dos acciones inversas como “vender” y “comprar” con dos relaciones inversas.</p> <p>En la situación de partida no recomendada se tiene que “se_vende_en” es inversa de “se_compra_en”, esto provocaría un error a nivel semántico ya que si tenemos por ejemplo que el objeto1 “se_vende_en” el lugar3, el razonador inferiría que el lugar3 “se_compra_en” el objeto1.</p> <p>En la situación recomendada se ha cambiado el nombre de la relación “se_compra_en” a “esPuntoDeVentaDe”. De esta manera no se cometería el error semántico anterior ya que si tenemos que el objeto1 “seVendeEn” el lugar3, el razonador inferiría que el lugar3 “esPuntoDeVentaDe” el objeto1.</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado y se ha añadido el dominio y el rango que podría tener la relación “seVendeEn”.</p>	
No recomendado	Recomendado
	
Comentarios	
<p>Puede darse el caso de que vender y comprar sean inversas, por ejemplo si se refiriesen a las personas involucradas en la compra y la venta, es decir, podría decirse que “comprarA” es inversa a “venderA”. Por ejemplo, si tenemos que la empresa1 compra (algo) a la empresa2, es correcto deducir que la empresa2 vende (algo) a la empresa1. Es importante resaltar que en este ejemplo de compra/venta lo que se quiere representar es únicamente la relación de comprar y vender sin incluir lo que se compra o se vende, ya que en tal caso se trataría además de una relación n-aria.</p> <p>Esta mala práctica puede estar relacionada con “Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango”.</p>	

Tabla 3 Relaciones inversas que no lo son

Nombre	Relaciones inversas sin definir	
Descripción		
En este caso la mala práctica consiste en tener relaciones inversas en la ontología pero no definir las como tales. Esto conlleva que al razonar se obtenga menos información de la que se podría inferir.		
Recomendación		
Unas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:		
<ul style="list-style-type: none">• Cuando se crea una nueva relación comprobar si se puede poner el verbo en pasiva para formar su inversa y si esta nueva relación tendría sentido.• Definir las relaciones estableciendo, si se puede, los dominios y rangos. Si se dan dos relaciones con los dominios y rangos invertidos, es decir, el dominio de una es el rango de la otra y viceversa, puede que sean inversas. Analizar entonces su significado.		
Ejemplo		
En la situación no recomendada del ejemplo se puede observar como en una ontología sobre arquitectura se han definido las relaciones “se_encuentra_en” y “hay_construido” sin definir las como inversas. Con esta modelización si tenemos que el edificio1 “se_encuentra_en” el lugar3 al poner en marcha un razonador no se va obtener que en el lugar3 “hay_construido” el edificio1.		
En la situación recomendada se han definido las relaciones como inversas. De esta manera si tenemos que el edificio1 “seEncuentraEn” el lugar3 al poner en marcha un razonador obtendremos que en el lugar3 “hayConstruido” el edificio1.		
En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado y se ha añadido el dominio y el rango que podría tener la relación “seEncuentraEn”.		
No recomendado		Recomendado
<div><div><div>Description: se_encuentra_en</div><div>Domains (intersection) +</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>Equivalent object properties +</div><div>Super properties +</div><div>Inverse properties +</div></div><div><div>Description: hay_construido</div><div>Domains (intersection) +</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>Equivalent object properties +</div><div>Super properties +</div><div>Inverse properties +</div></div></div>		<div><div><div>Description: seEncuentraEn</div><div>Domains (intersection) +</div><div><div>● Construcción</div>or<div>ElementoArquitectonico</div></div><div>Ranges (intersection) +</div><div><div>● Lugar</div></div><div>Equivalent object properties +</div><div>Super properties +</div><div>Inverse properties +</div><div>hayConstruido</div></div></div>
Comentarios		
Esta mala práctica puede estar relacionada con “Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango” y se puede considerar un caso especial de “Información incompleta”.		

Tabla 4 Relaciones inversas sin definir

Nombre	Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos
Descripción	
<p>Cuando tenemos una propiedad y/o atributo en el que el dominio y/o rango son varias clases tenemos que distinguir si queremos que el hecho de tener una instancia con un valor en esa propiedad y/o atributo clasifique a la instancia en todas las clases del rango o no. Es decir, hay que establecer si el dominio y/o rango es la unión o la intersección de todas las clases que aparecen.</p> <p>En esta mala práctica nos vamos a centrar en el caso de querer que el dominio sea la unión de las clases involucradas pero haberlo modelizado como la intersección. Este caso nos lleva a inferir conocimiento no deseado, ya que un razonador inferirá para cada una de las instancias que tengan dicha propiedad y/o atributo que pertenecen a todas las clases que aparezcan en el dominio. Si además estas clases fuesen disjuntas entre sí tendremos una ontología inconsistente.</p> <p>Esta situación puede ser consecuencia de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se define en varias ontologías el dominio y/o rango de una propiedad y/o atributo y se importan todas en una ontología final, en esta ontología final se interpreta que el dominio y/o rango es la intersección de todos los dominios/rango que hemos definido antes. En el caso de las propiedades, por ejemplo en la herramienta Protégé no se especifica en la interfaz de usuario que las entradas de dominio y/o rango se van a interpretar como intersección o como unión, en cambio esto no pasa con el dominio de los atributos, en cuyo caso si se especifica que se va a interpretar como intersección. 	
Recomendación	
<p>Unas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cuando una relación tenga dominio y rango en distintos módulos no definirla en ninguno de los módulos involucrados si no esperar a crear las conexiones entre los módulos implicados en un módulo más general y establecer la relación entre ellos en este último módulo. Si se han definido las propiedades y/o atributos en los distintos submódulos en lugar de definirse en el módulo en el que se conectan, en primer lugar se importan en éste módulo más general los módulos que definen la misma propiedad y/o atributo con distintos dominios y/o rangos. Si se desea que los dominios y/o rangos que están formados por la intersección de varias clases se interpreten como unión de las mismas la solución es editar este último módulo para que el dominio y/o rango sea la unión en lugar de intersección. Dividir la propiedad y/o atributo por ejemplo en una jerarquía de propiedades y/o atributos definiendo para cada subpropiedad/subatributo el dominio y/o rango concreto. En el dominio y/o rango de la clase padre se pueden poner todas las clases que serán dominio y/o rango de alguna propiedad y/o atributo hija unidas por "OR" o se puede dejar vacío. 	
Ejemplo	
<p>En la situación no recomendada del ejemplo tenemos el atributo "Name" cuyo dominio es la intersección de las clases "City", "Drink", "Actor/Actress", "Entertainment", "Director", "Country", "Movie", "RoutesForSantiago" y "Food". En el ejemplo se ve que la instancia "LaCoruña" que es un elemento de la clase "City" tiene un valor para el atributo "Name". Si se ejecuta un razonador sobre la ontología este infiere que la instancia "LaCoruña" es un elemento perteneciente a cada una de las clases que forman el dominio del atributo. Esta información es errónea ya que la ciudad de La Coruña no es a la vez una película y una comida y una bebida, etc.</p> <p>En la situación recomendada se han aplicado la segunda y la tercera recomendación propuestas en esta plantilla por lo que tenemos la propiedad "name" cuyo dominio es la unión de las clases "City", "Drink", "Actor/Actress", "Entertainment", "Director", "Country", "Movie", "RoutesForSantiago" y "Food". Además se ha creado una subpropiedad por cada una de las clases involucradas en el dominio de la propiedad "name" definiendo para cada una su dominio respectivo. Un ejemplo de subpropiedad es "movieName", representada en la situación recomendada, cuyo rango es la clase "Movie". Con esta modelización, al ejecutar un razonador sobre la ontología, no obtenemos el conocimiento no deseado que se obtenía con la situación no recomendada.</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado

No recomendado	Recomendado
<div><div>Description: Name</div><div>Domains +</div><div><div>City</div><div>Drink</div><div>Actor/Actress</div><div>Entertainment</div><div>Director</div><div>Country</div><div>Movie</div><div>RoutesForSantiago</div><div>Food</div></div><div>Ranges +</div><div><div>string</div></div></div> <div><div>Description: LaCoruña</div><div>Types +</div><div><div>SpanishCity</div><div>Actor/Actress</div><div>Country</div><div>Director</div><div>Drink</div><div>Food</div><div>Movie</div><div>RoutesForSantiago</div></div><div>Property assertions: LaCoruña</div><div>Object property assertions +</div><div><div>isIn Spain</div></div><div>Data property assertions +</div><div><div>Name "La Coruña"</div></div><div>Negative object property assertions +</div><div>Negative data property assertions +</div></div>	<div><div>Data Properties: name</div><div>Delete selected properties</div><div><div>name</div><div>movieName</div><div>entertainmentName</div><div>routesForSantiagoName</div><div>cityName</div><div>actor/ActressName</div><div>drinkName</div><div>directorName</div><div>countryName</div><div>foodName</div></div></div> <div><div>Description: name</div><div>Domains +</div><div><div>Food</div><div>Country</div><div>Director</div><div>Drink</div><div>Actor/Actress</div><div>City</div><div>RoutesForSantiago</div><div>Entertainment</div><div>Movie</div></div><div>Ranges +</div><div><div>string</div></div></div> <div><div>Description: movieName</div><div>Domains +</div><div><div>Movie</div></div><div>Ranges +</div><div>Equivalent properties +</div><div>Super properties +</div><div><div>name</div></div></div>
<div>Comentarios</div> <div>Este caso de mala práctica puede estar relacionada con los casos de creación de ontologías “Relación subordinada” y “Relación al mismo nivel de generalidad”.</div>	

Tabla 5 Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos



Nombre	Definición recursiva
Descripción	
<p>Este caso de mala práctica consiste en utilizar un elemento de la ontología en su propia descripción. Por ejemplo se pueden dar lo siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Utilizar una propiedad al definir axiomas en el dominio o el rango de la misma propiedad. Definir una clase como unión de otras entre las cuales se encuentra ella misma. 	
Recomendación	
<ul style="list-style-type: none"> Para el primer caso propuesto en el campo "Descripción" de esta tabla se propone simplificar el dominio y/o rango utilizando sólo clases en su definición e intentar escribir el axioma que aparecía en el dominio y/o rango como axioma de las clases involucradas en el mismo. Para el segundo caso se propone evaluar la definición de la clase en cuestión y replantearla en caso de ser necesario. 	
Ejemplo	
<p>En este ejemplo se muestra una situación en la que se da el primer caso propuesto en el campo "Descripción" de esta tabla.</p> <p>En la situación no recomendada del ejemplo se puede observar como se utiliza la propiedad "tiene_Tenedores" para definir el rango de dicha propiedad. Con esta modelización estamos diciendo que los elementos que pueden ser rango de la propiedad "tiene_Tenedores" son aquellos elementos que tienen exactamente un elemento perteneciente a la clase "Valoración_de_Restaurantes" como rango de la propiedad "tiene_Tenedores". Esto no es correcto ya que los elementos que pueden ser rango de la propiedad "tiene_Tenedores" son los elementos de la clase "Valoración_de_Restaurantes" y no los elementos que tengan instanciada esta propiedad una vez con un elemento de dicha clase.</p> <p>En la situación recomendada se establece como rango de "tieneTenedores" la clase "ValoraciónDeRestaurantes". En esta modelización se ha añadido un axioma en la clase que forma el dominio de la propiedad en cuestión que indica que dicha clase, "ServiciosDeAlimentacion", es subclase del conjunto de elementos que tienen exactamente un elemento de la clase "ValoraciónDeRestaurantes" como rango de la instanciación de la propiedad "tieneTenedores".</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado
 <p>The screenshot shows a property definition for 'tiene_Tenedores'. The domain is 'Servicio_de_Alimentacion'. The range is defined as 'tiene_Tenedores exactly 1 Valoracion_de_Resturantes', which is a recursive and incorrect use of the property.</p>	 <p>The screenshot shows a property definition for 'tieneTenedores'. The domain is 'ServicioDeAlimentacion'. The range is 'ValoracionDeResturantes'. Below, the class description for 'ServicioDeAlimentacion' is shown, indicating it is a subclass of 'tieneTenedores exactly 1 ValoracionDeResturantes'.</p>
Comentarios	
<p>Esta mala práctica puede ser consecuencia del desconocimiento de la interfaz de la herramienta de desarrollo de ontologías o del paradigma de representación del conocimiento.</p>	

Tabla 6 Definición recursiva

Nombre	Información incompleta
Descripción	
<p>Esta mala práctica consiste en no representar todo el conocimiento que se podría incluir en la ontología. Algunos casos en los que se puede dar esta práctica son:</p> <ul style="list-style-type: none">• Crear una relación pero no su inversa (por ejemplo “tener” y “esTenido”) o alguna relación complementaria (por ejemplo “empezar” y “terminar”) en caso de existir.• No crear las taxonomías si no dejar que se creen al razonar debido a los axiomas de las definiciones.• No especificar a que clases pertenecen las instancias. Este caso está relacionado con Tabla 26 Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías en la sección 5.4.1.	
Recomendación	
<p>Unas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:</p> <ul style="list-style-type: none">• Cuando se crea una propiedad y/o atributo comprobar si existe alguna acción inversa o complementaria y añadirla también.• Cuando se crea una clase comprobar si puede ser subclase o superclase de alguna otra que ya se ha creado.• Cuando se crea una instancia comprobar si se puede determinar la(s) clase(s) a la que va pertenecer.	
Ejemplo	
<p>En este ejemplo se muestra una situación en la que se da el primer caso propuesto en el campo “Descripción” de esta tabla.</p> <p>En la situación no recomendada se tiene una relación “comienzaEn” pero no se tiene su complementaria “terminaEn”</p> <p>En la situación recomendada se ha mantenido la relación “comienzaEn” y además se ha añadido su complementaria “terminaEn”.</p>	
No recomendado	Recomendado
<div><div>Description: comienzaEn</div><div>Domains (intersection) +</div><div><div></div>RutaDelCaminoDeSantiago</div><div>Ranges (intersection) +</div><div><div></div>Ciudad</div></div>	<div><div>Description: terminaEn</div><div>Domains (intersection) +</div><div><div></div>RutaDelCaminoDeSantiago</div><div>Ranges (intersection) +</div><div><div></div>Ciudad</div></div>
Comentarios	
<p>Como se ha comentado en la descripción de la plantilla los ejemplos elegidos no tienen porqué corresponder a un diseño del todo correcto, por ejemplo en este caso el rango de “terminaEn” debería ser una clase más amplia que “Ciudad”, por ejemplo “LimiteAdministrativo” de manera que se incluyan ciudades, provincias, pueblos, etc.</p>	

Tabla 7 Información incompleta

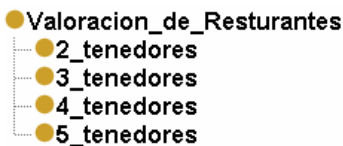

Nombre	Clases vs Instancias
Descripción	
En este caso la mala práctica consiste en profundizar en una jerarquía de manera que las clases más específicas no contengan instancias ya que estas clases deberían ser las instancias de las clases del nivel superior en la jerarquía.	
Recomendación	
Una posible recomendación para evitar esta situación es preguntarse, por ejemplo en el último nivel definido de una jerarquía, qué instancias van a pertenecer a la clase, es decir:	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuántas instancias podría tener esta clase? • ¿Cuáles serían sus nombres? 	
Si la respuesta es una única instancia de nombre similar o igual al nombre de la clase puede que esa clase sea instancia de la clase superior.	
Ejemplo	
En la situación no recomendada del ejemplo se observa que la clase “Valoracion_de_Restaurantes” tiene como subclases las clases “2_tenedores”, “3_tenedores”, “4_tenedores” y “5_tenedores”. Con esta modelización cabe esperar que se tengan instancias del tipo “2_tenedores_1”, “2_tenedores_2”...“2_tenedores_N” para relacionar cada restaurante con su valoración o una única instancia por cada subclase de “Valoracion_de_Restaurantes”.	
En la situación recomendada se observa que las subclases de “Valoracion_de_Restaurantes” (ahora “ValoracionDeRestaurantes”) se han convertido en instancias de la clase “ValoracionDeRestaurantes” de manera que se relacionará cada restaurante con la instancia adecuada con su número de tenedores.	
En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado y se ha añadido el dominio y el rango que podría tener la relación “seEncuentraEn”.	
No recomendado	Recomendado
	
Comentarios	
No siempre que se cumpla que una clase va a tener una única instancia con su mismo nombre tiene porqué ser una mala práctica, por ejemplo, puede que se esté modelizando una clase canónica o que se quiera dejar la clase creada y con una única instancia para profundizar en la jerarquía a lo largo de las versiones posteriores de la ontología.	
Esta mala práctica se ha encontrado en varias ocasiones en ontologías desarrolladas a partir de la transformación de tesauros.	

Tabla 8 Clases vs Instancias

Nombre	Relación “es”
Descripción	
En este caso la mala práctica consiste en confundir la relación de subclase (<i>subclassOf</i>), la pertenencia a una clase (<i>instanceOf</i>) o la igualdad entre instancias (<i>sameIndividual</i>) con una relación ad-hoc llamada “es”.	
Recomendación	
Si aparece una relación “es” en el modelado de una ontología se propone:	
<ul style="list-style-type: none">• Poner un ejemplo de su uso y comprobar si se va a utilizar entre individuos cuyas clases podrían ser una subclase de la otra.• Poner un ejemplo de su uso y comprobar si se va a utilizar para relacionar dos instancias que se refieran al mismo elemento o entidad, en este caso podría ser un caso de <i>sameIndividual</i>.• Comprobar si se refiere a que un individuo es un elemento de una clase, es decir, si es una instancia de la clase.	
Ejemplo	
<p>En la situación no recomendada se muestra la definición de la clase “actor”. En esta definición se dice que los actores son elementos de la clase “persona”, los cuales tienen alguna relación “interpreta” con alguna “actuación” y además tienen alguna relación “es” con algún “hombre”. Esta modelización no es del todo correcta ya que por cada actor que se incluyese en la ontología habría que crear una instancia de hombre y otra de actor y luego relacionarlas mediante la propiedad “es”, siendo en realidad los mismos individuos. En este caso se está confundiendo la relación “es” con la relación “subclaseDe” ya que los actores en realidad son un subconjunto de los hombres.</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado
<div><div>Class Description: actor</div><div>Equivalent classes </div><div><div> persona</div>and interpreta some actuación and es some hombre</div></div>	<div><div>Class Description: Actor</div><div>Equivalent classes </div><div><div> Artista</div>and Hombre and interpreta some Actuacion</div></div>

Tabla 9 Relación “es”

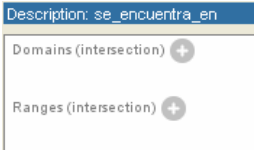
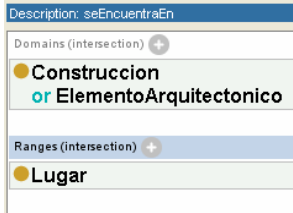
Nombre	Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango		
Descripción			
Esta mala práctica consiste en no especificar el dominio y/o rango en las relaciones/atributos.			
Recomendación			
Se recomienda especificar siempre que sea posible los dominios y/o rangos en las propiedades y/o atributos. Además deberían añadirse anotaciones en los campos “ <i>comments</i> ” describiendo lo que se quiere representar con la propiedad y/o atributo por ejemplo si forma parte de un patrón N-ary, como se hace, por ejemplo, en la ontología de alto nivel SUMO ³¹ .			
Ejemplo			
En la situación no recomendada del ejemplo se puede observar como en una ontología sobre arquitectura se ha definido la relación “se_encuentra_en” sin especificar cual es su dominio ni su rango. En la situación recomendada se han definido la relación “seEncuentraEn” especificando su dominio y su rango. En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.			
No recomendado		Recomendado	
			
Comentarios			
La utilización de esta mala práctica hace más difícil la comprensión de la ontología. Esta mala práctica puede estar relacionada con “Relaciones inversas que no lo son” y “Relaciones inversas sin definir”.			

Tabla 10 Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango

³¹ <http://www.ontologyportal.org/>



Nombre	Clase “2 en 1”
Descripción	
En este caso la mala práctica consiste en crear una clase que tiene como nombre “Clase1YClase2”.	
Recomendación	
Como solución a esta situación se propone crear dos clases “Clase1” y “Clase2” y relacionarlas en caso de ser necesario mediante una relación ad-hoc.	
Ejemplo	
<p>En la situación no recomendada del ejemplo se muestra una clase cuyo identificador es “estilosyperiodos”. En esta clase se están mezclando los conceptos de “estilo” y “periodo artístico”.</p> <p>En la situación recomendada se observan dos clases, “Estilo” y “Periodo” relacionadas a través de la relación “seDioDuranteElPeriodo” cuyo dominio es “Estilo” y el rango es “Periodo”.</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado
	
Comentarios	
En todos los casos en los que se ha identificado esta mala práctica el error proviene de la conversión de la clase “StylesAndPeriods” del tesoro <i>Art & Architecture Thesaurus</i> ³² .	

Tabla 11 Clase “2 en 1”

³² http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/aat

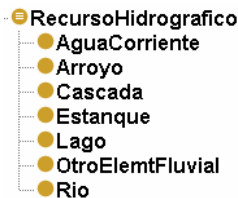

Nombre	Clase miscelánea		
Descripción			
En este caso la mala práctica consiste en crear una clase miscelánea artificial para clasificar en un cierto nivel de la jerarquía las instancias que no pertenezcan a ninguna de las clases hermanas de ese nivel.			
Recomendación			
Como solución a esta situación se propone no crear ninguna clase artificial ya que las instancias que no pertenezcan a ninguna de las clases hermanas de ese nivel se clasifican directamente en la clase padre.			
Ejemplo			
En la situación no recomendada del ejemplo se ve como se especializa la clase “RecursoHidrografico” y una de las subclases que se crean se llama “OtroElemntFluvial” con intención de clasificar en esa clase los elementos que no pertenezcan a ninguna de las otras subclases de “RecursoHidrografico”.			
En la situación recomendada no se ha creado esa subclase “OtroElemntFluvial” ya que los elementos que no sean instancias de ninguna de las subclases de “RecursoHidrografico” serán instancias de la propia clase “RecursoHidrografico”.			
No recomendado		Recomendado	
			

Tabla 12 Clase miscelánea

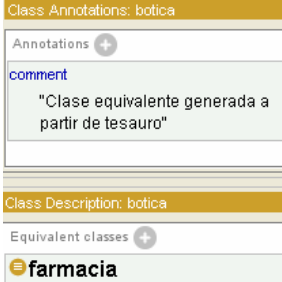

Nombre	Sinónimos como clases
Descripción	
<p>Esta mala práctica consiste en crear varias clases con identificadores sinónimos y declararlas equivalentes. Se va a considerar mala práctica el hecho de crear desde cero, en lugar de encontrarlas en ontologías que se estén reutilizando, cada una de las clases para hacerlas equivalentes.</p> <p>Puede darse el caso de encontrar clases equivalentes debido, por ejemplo, a la reutilización de otras ontologías, véase en este caso las “Guías metodológicas preliminares para la construcción de redes de ontologías” descritas en la sección 5.5.1</p>	
Recomendación	
<p>En esta situación se propone crear una única clase y añadir cada sinónimo en una anotación de tipo “<i>label</i>”.</p> <p>Esta recomendación se basa en la conversión de tesauros representado en SKOS en ontologías, es decir, utilizar el término preferido para crear la clase y utilizar anotaciones tipo “<i>label</i>” para los términos relacionados con la relación “<i>Use For</i>”.</p>	
Ejemplo	
<p>En la situación no recomendada de este ejemplo se muestra un caso en el que se han creado la clase “botica” y “farmacia” y se han definido como equivalentes. Además se explica en una anotación de tipo “<i>comment</i>” de la clase “botica” que dicha clase es equivalente a otra y se ha generado a partir de un tesoro.</p> <p>En la situación recomendada se muestra como se han añadido las anotaciones de tipo “<i>label</i>” “Botica” y “Farmacia” a la clase “Farmacia”, para evitar la creación de dos clases y su relación de equivalencia. Además se ha añadido información sobre el idioma en el que se expresa la anotación “<i>label</i>” que en este caso es el español.</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado
 <p>The screenshot shows a SKOS class interface for 'botica'. Under 'Class Annotations', there is a 'comment' annotation with the text: "Clase equivalente generada a partir de tesoro". Under 'Equivalent classes', there is a link to 'farmacia'.</p>	 <p>The screenshot shows a SKOS class interface for 'Farmacia'. Under 'Class Annotations', there are two 'label' annotations: '"Botica"@es' and '"Farmacia"@es'.</p>
Comentarios	
<p>Esta mala práctica se puede encontrar como consecuencia de una transformación de un tesoro, especialmente si no se tienen en cuenta el método propuesto para convertir tesauros SKOS en ontologías [van Assem <i>et al.</i>, 2004].</p>	

Tabla 13 Sinónimos como clases

Nombre	Label vs Comment y demás anotaciones		
Descripción			
Esta mala práctica consiste en:			
<ul style="list-style-type: none">• Poner en una anotación tipo “label” un contenido que debería estar en una anotación tipo “comment” y viceversa.• No añadir anotaciones de tipo “label” ni “comment” ni de ningún otro tipo.			
Recomendación			
Algunas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:			
<ul style="list-style-type: none">• Usar “label” para proporcionar el nombre del elemento en cuestión o algún sinónimo o añadir el nombre en otros idiomas.• Usar “comment” para dar la definición del elemento en lenguaje natural.• Añadir tantas anotaciones como sean necesarias: label, comment, versionInfo, creator, etc.			
Una recomendación más concreta de este caso es documentar con una anotación de tipo “comment” las clases que hayan sido creadas de manera artificial para implementar, por ejemplo, el patrón “Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación)”.			
Ejemplo			
En este ejemplo se muestra una situación que se corresponde con el caso de utilizar una anotación de tipo “comment” cuando se debería utilizar una de tipo “label”.			
En la situación no recomendada se puede observar que se le ha añadido a la clase “Cross” una anotación de tipo “comment” cuyo contenido es el nombre de la clase en otro idioma.			
En la situación recomendada se ha cambiado el tipo de anotación de “comment” a “label” y además se ha añadido el idioma en el que están expresadas las dos anotaciones que se muestran.			
No recomendado		Recomendado	
<div><div>Class Annotations: Cross</div><div>Annotations</div><div><div>comment</div><div>"Cruce"</div></div><div><div>comment</div><div>"Es una coleccion de tramos (más de 1) que se cortan en un punto."</div></div></div>		<div><div>Class Annotations: Cross</div><div>Annotations</div><div><div>comment</div><div>"Es una coleccion de tramos (más de 1) que se cortan en un punto."@es</div></div><div><div>label</div><div>"Cruce"@es</div></div></div>	

Tabla 14 Label vs Comment y demás anotaciones

Nombre	Polisemia
Descripción	
<p>Esta mala práctica consiste utilizar un elemento de la ontología para representar conceptos distintos del dominio en cuestión. Esto se debe a la polisemia de las palabras en lenguaje natural.</p> <p>Se pueden encontrar distintos casos de esta mala práctica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Confundir dos conceptos distintos porque se representan con la misma palabra la cual tiene distintos significados. Por ejemplo confundir "Pintura" como disciplina artística con "Pintura" como material. • Utilizar una misma relación para representar cosas distintas. Esto es muy común con las relaciones de tipo "tener", "formar", "pertenecer"... 	
Recomendación	
<p>Unas posibles recomendaciones para evitar esta situación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el caso de confundir conceptos por representarse con un término polisémico puede que se produzca un caso de multiherencia con dicho término. En tal caso se propone comprobar si las instancias que pertenezcan a la clase es cuestión van a ser las mismas descendiendo por cada una de las jerarquías. Es decir, si las instancias de "Pintura" descendiendo por la jerarquía de las disciplinas artísticas van a ser las mismas que las instancias de "Pintura" descendiendo por la jerarquía de materiales. • Para detectar si se está utilizando una misma relación para representar cosas distintas se propone definir el dominio y el rango de la relación cada vez que se utiliza. Si existen clases demasiado dispares en el conjunto del dominio/rango, puede que se esté utilizando una misma relación para representar cosas totalmente distintas. • Una vez que se ha comprobado que se está utilizando un elemento (clase o relación) para representar cosas distintas se propone buscar sinónimos o términos compuestos más específicos para crear nuevos elementos y asignarles parte del significado o función del elemento inicial. 	
Ejemplo	
<p>En este ejemplo se muestra una situación que se corresponde con el segundo caso expuesto en el campo "Descripción" de esta tabla.</p> <p>En la situación no recomendada se muestra como se utiliza la relación "pertenece_a" para referirse a los distintos tipos de pertenencia que se enumeran a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Construccion pertenece_a EstiloArquitectonico 2) ConstruccionReligiosa pertenece_a Religión 3) ElementoArquitectonico pertenece_a EstiloArquitectonico 4) ElementoArquitectonico pertenece_a Construccion 5) Religion pertenece_a Lugar <p>En la situación recomendada se ha implementado la siguiente solución:</p> <p>Se han agrupado los casos 1 y 3 para crear la relación "esDeEstilo" en la que el dominio es la unión de "Construccion" y "ElementoArquitectonico" y el rango es "EstiloArquitectonico".</p> <p>Para el caso 2 se ha creado la relación "esSitioDeCultoDe" cuyo dominio es "ConstruccionReligiosa" y el rango es "Religión".</p> <p>El caso 4 es un ejemplo de relación "esParteDe", para este caso concretamente se ha creado la relación "esParteArquitectonicaDe" cuyo dominio es "ElementoArquitectonico" y el rango es la clase "Construccion".</p> <p>Por último el caso 5 se puede representar con una relación "sePracticaEn" cuyo dominio es "Religion" y el rango "Lugar".</p> <p>Cada una de las imágenes mostradas en la parte recomendada del ejemplo se muestra primero el uso que se hace de la relación y a continuación su dominio y rango. Estas imágenes son relativas a las relaciones explicadas anteriormente y siguen el siguiente orden: "esDeEstilo", "esSitioDeCultoDe", "esParteArquitectonicaDe" y "sePracticaEn".</p> <p>En la recomendación dada para el ejemplo se han adaptado los identificadores al convenio de nombrado.</p>	
No recomendado	Recomendado

No recomendado	Recomendado
<div><div>Description: pertenece_a</div><div>Domains (intersection) +</div><div>Ranges (intersection) +</div><div><div>● Construcción</div><div>● Construcción subClassOf pertenece_a some EstiloArquitectonico</div><div>● Iglesia</div><div>● Iglesia subClassOf pertenece_a only catolicismo</div><div>● ElementoArquitectonico</div><div>● ElementoArquitectonico subClassOf pertenece_a some EstiloArquitectonico</div><div>● ElementoArquitectonico subClassOf pertenece_a some Construcción</div><div>● Religión</div><div>● Religión subClassOf pertenece_a some Lugar</div></div></div>	<div><div>Object Property Usage: esDeEstilo</div><div>Usage for: esDeEstilo (2 usages)</div><div><div>● Construcción</div><div>● Construcción subClassOf esDeEstilo some EstiloArquitectonico</div><div>● ElementoArquitectonico</div><div>● ElementoArquitectonico subClassOf esDeEstilo some EstiloArquitectonico</div></div></div> <div><div>Description: esDeEstilo</div><div>Domains (intersection) +</div><div>● Construcción</div><div>or ElementoArquitectonico</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>● EstiloArquitectonico</div></div> <div><div>Object Property Usage: esSitoDeCultoDe</div><div>Usage for: esSitoDeCultoDe (1 usages)</div><div><div>● ConstrucciónReligiosa</div><div>● ConstrucciónReligiosa subClassOf esSitoDeCultoDe some Religión</div></div></div> <div><div>Description: esSitoDeCultoDe</div><div>Domains (intersection) +</div><div>● ConstrucciónReligiosa</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>● Religión</div></div> <div><div>Object Property Usage: esParteArquitectonicaDe</div><div>Usage for: esParteArquitectonicaDe (1 usages)</div><div><div>● ElementoArquitectonico</div><div>● ElementoArquitectonico subClassOf esParteArquitectonicaDe some Construcción</div></div></div> <div><div>Description: esParteArquitectonicaDe</div><div>Domains (intersection) +</div><div>● ElementoArquitectonico</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>● Construcción</div></div> <div><div>Object Property Usage: sePracticaEn</div><div>Usage for: sePracticaEn (1 usages)</div><div><div>● Religión</div><div>● Religión subClassOf sePracticaEn some Lugar</div></div></div> <div><div>Description: sePracticaEn</div><div>Domains (intersection) +</div><div>● Religión</div><div>Ranges (intersection) +</div><div>● Lugar</div></div>
Comentarios	
Esta mala práctica puede estar relacionada con “Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango” en algunos casos.	

Tabla 15 Polisemia

Nombre	Misma URI para distintos elementos de la ontología
Descripción	
<p>Esta mala práctica consiste en asignar la misma URI a dos elementos distintos de la ontología, como puede ser una clase y una relación (atributo o instancia). Esta situación no está permitida en OWL-DL pero sí en OWL-Full.</p> <p>Si se utiliza la misma URI para referirse a dos tipos de elementos distintos (clase, instancia, relación o atributo) se pueden dar problemas a la hora de razonar ya que la mayoría de razonadores están implementados para trabajar con OWL-DL en lugar de OWL-Full. Por ejemplo Fact++, en su versión 1.1 declara una ontología como inconsistente ante esta situación.</p> <p>Algunas posibles situaciones en las que se puede cometer este error son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crear una clase canónica ya que se suele dar el mismo nombre a la instancia y a la clase. • Nombrar las relaciones (o atributos) como la clase rango o dominio de la misma sin añadir verbos o preposiciones. 	
Recomendación	
<p>Para evitar esta situación se recomienda utilizar el convenio de nombrado para elementos de ontologías. Con esta solución, por ejemplo no se confundirán las clases con ningún otro elemento ya que la primera letra de la primera palabra se escribe con mayúscula y en el resto con minúscula.</p> <p>Para asegurar que no se está produciendo este conflicto de nombres entre ningún elemento se puede utilizar un validador de OWL que proporcione información sobre esta situación. Por ejemplo se puede utilizar el validador “<i>WonderWeb OWL Ontology Validator</i>”³³.</p>	
Ejemplo	
<p>En la situación no recomendada del ejemplo se puede observar que las subclases de la clase “genero” tienen el mismo identificador que algunas de las instancias de dicha clase, por ejemplo la clase y la instancia referentes al género apocalíptico tienen “genero_apocaliptico” como identificador.</p> <p>En la solución propuesta para este caso se ha seguido el convenio de nombrado para evitar los conflictos con los nombres de los identificadores, así la clase y la instancia “genero_apocaliptico” pasan a llamarse “GeneroApocaliptico” y “generoApocaliptico” respectivamente</p> <p>Además se muestra en el ejemplo el resultado de validar el código de la ontología en el “<i>WonderWeb OWL Ontology Validator</i>”. Para la ontología de la situación no recomendada se obtiene que dicha ontología no está implementada en OWL-DL si no en OWL-Full, en cambio la ontología de la situación recomendada si está implementada en OWL-DL.</p>	
No recomendado	Recomendado

³³ <http://www.mygrid.org.uk/OWL/Validator>

No recomendado	Recomendado
<div><div><div>● genero</div><div>● genero_apocaliptico</div><div>● genero_belico</div><div>● genero_critico</div><div>● genero_didactico</div><div>● genero_erotico</div><div>● genero_feminista</div><div>● genero_geografico</div></div><div><div>Class Description: genero</div><div>Instances</div><div>◆ genero_apocaliptico</div><div>◆ genero_belico</div><div>◆ genero_critico</div><div>◆ genero_didactico</div><div>◆ genero_erotico</div><div>◆ genero_feminista</div><div>◆ genero_geografico</div><div>◆ genero_humoristico</div><div>◆ genero_nacionalista</div><div>◆ genero_psicologico</div><div>◆ genero_religioso</div><div>◆ genero_revolucionario</div><div>◆ genero_satirico</div><div>◆ genero_violento</div></div></div> <div><div>OWL Species Validation Report</div><div>OWL Full</div><div><ul style="list-style-type: none">• http://localhost/arte.owl#genero_erotico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_griego used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_didactico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_clasico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_belico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_flamingero used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_feminista used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_geografico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_critico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_gotico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_modernista used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#genero_apocaliptico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_romanico used as Class and Individual• http://localhost/arte.owl#estilo_surrealista used as Class and Individual</div><div>Conclusion</div><div>DL: NO Why?</div></div>	<div><div><div>● Genero</div><div>● GeneroApocaliptico</div><div>● GeneroBelico</div><div>● GeneroCritico</div><div>● GeneroDidactico</div><div>● GeneroErotico</div><div>● GeneroFeminista</div><div>● GeneroGeografico</div></div><div><div>Class Description: Genero</div><div>Instances</div><div>◆ generoApocaliptico</div><div>◆ generoBelico</div><div>◆ generoCritico</div><div>◆ generoDidactico</div><div>◆ generoErotico</div><div>◆ generoFeminista</div><div>◆ generoGeografico</div><div>◆ generoHumoristico</div><div>◆ generoNacionalista</div><div>◆ generoPsicologico</div><div>◆ generoReligioso</div><div>◆ generoRevolucionario</div><div>◆ generoSatirico</div><div>◆ generoViolento</div></div></div> <div><div>OWL Species Validation Report</div><div>Conclusion</div><div>DL: YES Why?</div></div>
Comentarios	
Como se ha comentado en la descripción, esta situación si está permitida en OWL-Full, por lo que puede no ser una mala práctica si se desea implementar expresamente esta situación en una ontología con dicho lenguaje.	

Tabla 16 Misma URI para distintos elementos de la ontología

Capítulo 5: Desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago

En este capítulo se presenta el proceso metodológico seguido para el desarrollo de la red de ontologías que modela el conocimiento relacionado con el Camino de Santiago. El objetivo de esta red de ontologías es representar el conocimiento relativo a obras de arte, puntos de interés, servicios comunitarios, etc., que se pueden encontrar durante la realización del Camino de Santiago.

El Camino de Santiago es la denominación que recibe la ruta de peregrinaje a la catedral de Santiago de Compostela donde se dice que descansan los restos del Apóstol Santiago el Mayor. En 1987 esta ruta fue declarada Primer Itinerario Cultural Europeo, y en 1993 fue distinguido por la UNESCO como Patrimonio de la Humanidad. Cada año miles de peregrinos de todo el mundo recorren alguna de sus muchas rutas históricas, señaladas con el símbolo de una vieira, repartidas por toda Europa, y que tienen su punto de partida en distintos lugares. La mayoría de los peregrinos recorre las rutas a pie, otros en bicicleta, unos pocos a caballo y el resto en coche. Aunque la fe es una motivación obvia, muchos caminantes se lanzan a la aventura por razones no religiosas como, por ejemplo, por diversión, por viajar, por deporte, o simplemente por el reto de andar durante semanas por un país extranjero. En este contexto, el Camino de Santiago constituye así mismo una comunidad de peregrinos emergente, gente que se junta por el placer de caminar y que comparte experiencias durante el camino. Por este motivo, dentro del proyecto GeoBuddies³⁴ se ha visto la necesidad de desarrollar una red de ontologías que sirva como base a diferentes aplicaciones que permitan a los peregrinos recuperar y editar información relativa al Camino de Santiago.

El proceso seguido para el desarrollo de la red de ontologías se basa en la metodología NeOn (sección 2.2.4). En este capítulo se incluye: en la sección 5.1 el proceso general de desarrollo de la red de ontologías basado en escenarios y centrado en la reutilización de recursos de conocimiento existentes, en la sección 5.2 la especificación de requisitos de la red de ontologías, el desarrollo de los distintos escenarios en las secciones 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 y por último, en la sección 5.8, la red de ontologías resultante.

5.1 Combinación de escenarios para el desarrollo de la red de ontologías

El desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago surge como parte de la solución propuesta en el proyecto GeoBuddies ante la necesidad de proporcionar una infraestructura tecnológica que permita a los peregrinos recuperar y editar información sobre

³⁴ <http://www.geobuddies.net/>

obras de arte, puntos de interés, servicios comunitarios, etc., que se puedan encontrar durante la realización del Camino de Santiago.

Para establecer el conjunto de requisitos que debe cumplir la red de ontologías para el Camino de Santiago se establecen unas preguntas de competencia así como unos aspectos generales como el propósito y alcance de la red de ontologías entre otros. Estos requisitos se especifican en la sección 5.2 utilizando para ello la plantilla para el documento de especificación de requisitos de la ontología ORSD³⁵ descrita en [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008]. La última sección de la plantilla ORSD que contiene el pre-glosario de términos se muestra en el Anexo I.

Para el desarrollo de la red de ontologías se han reutilizado diversas fuentes de conocimiento disponibles, lo que nos ha dado lugar a combinar varios escenarios de construcción de redes de ontologías de los presentados en la sección 2.2.4. Para decidir que escenarios se van a seguir en el proceso de creación de una red de ontologías es necesario establecer qué recursos se van a utilizar y qué adaptaciones se van a realizar sobre los mismos para integrarlos en la red. Antes de seleccionar los recursos que se van a reutilizar en la construcción de la red de ontologías, es preciso realizar una búsqueda de posibles fuentes de conocimiento disponibles lo más amplia y exhaustiva posible. Esta búsqueda se realiza a partir de los términos extraídos de las preguntas de competencia que aparecen en el ORSD.

La búsqueda de fuentes de información para la construcción de la red de ontologías del proyecto GeoBuddies se centró en fuentes de conocimiento como estándares, tesauros, páginas web y recursos ontológicos. Los recursos de conocimiento candidatos para ser reutilizados durante la construcción de nuestra red de ontologías se muestran en la figura 15, que corresponde al modelo conceptual de la red de ontologías. En este modelo conceptual se muestran las ontologías necesarias para crear la red y las relaciones entre las mismas. Además también se exponen debajo de cada ontología las posibles fuentes que se podrían utilizar para desarrollarla. Las ontologías que en la figura 15 aparecen punteadas son las que se van a desarrollar reutilizando las ontologías desarrolladas en las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008.

³⁵ Siglas de la forma inglesa “*Ontology Requirements Specification Document*”

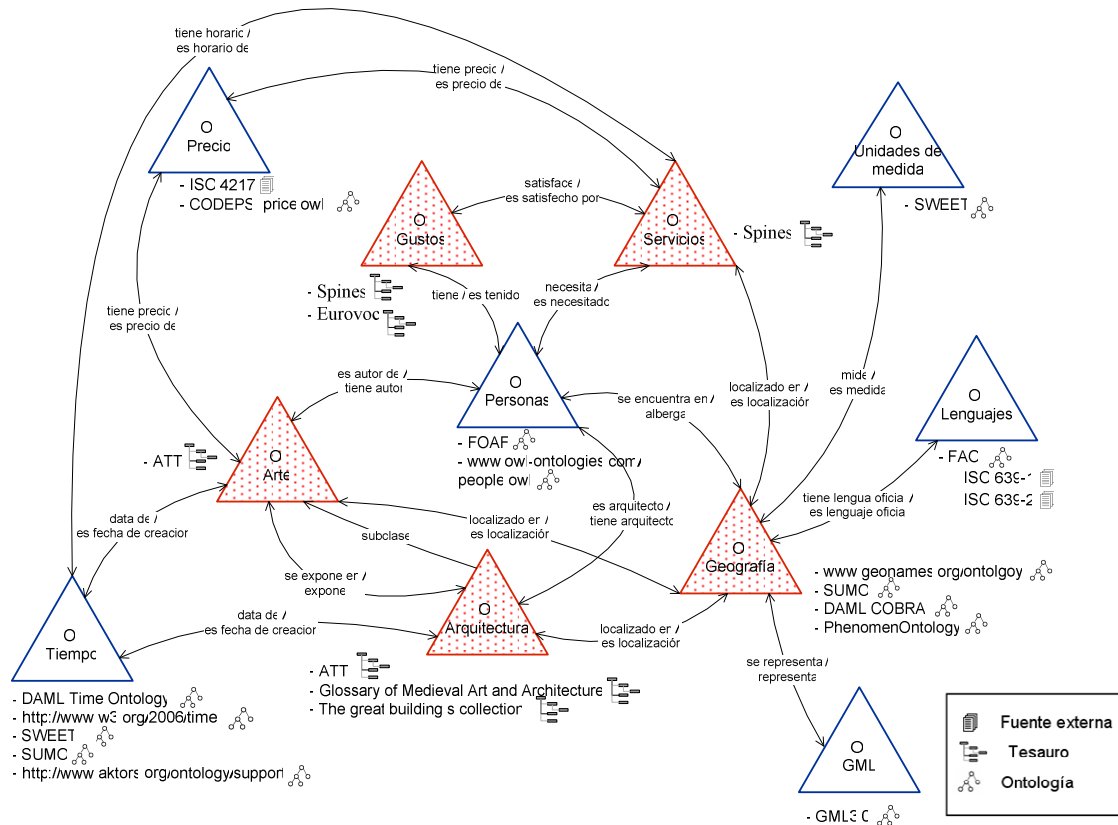


Figura 15 Modelo conceptual de alto nivel con las posibles fuentes de información

Dependiendo de la naturaleza de estos recursos de conocimiento candidatos y el uso que se vaya a hacer de ellos, se puede realizar una preselección de los escenarios propuestos en la metodología NeOn (figura 5). Esta preselección de escenarios se puede resumir de la siguiente manera:

Debido a que se tienen recursos ontológicos como fuentes de conocimiento es posible que se lleven a cabo los siguientes escenarios:

- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de recursos ontológicos (Escenario 3).
- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos ontológicos (Escenario 4).
- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y mezcla de recursos ontológicos (Escenario 5).
- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización, mezcla y reingeniería de recursos ontológicos (Escenario 6).
- Desarrollo de redes de ontologías mediante reestructuración de recursos ontológicos (Escenario 8).
- Desarrollo de redes de ontologías mediante localización de recursos ontológicos (Escenario 9).

Debido a que se podría realizar reutilización de patrones de diseño ontológico es posible llevar a cabo el escenario:

- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de patrones de diseño ontológico (Escenario 7).

Debido a que entre las fuentes de conocimiento recopiladas se encuentran algunos recursos no ontológicos como tesauros y estándares es posible que se lleve a cabo el escenario:

- Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos (Escenario 2).

Para realizar una selección de escenarios más concreta se deben responder las siguientes cuestiones:

¿Se ha previsto utilizar algún recurso no ontológico existente como tesauros, bases de datos, lexicones, etc. en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 2 debe ser seleccionado.

- No se selecciona este escenario puesto que para los dominios en los que se han encontrado recursos no ontológicos (arte, gustos, arquitectura, geografía y servicios comunitarios) se van a reutilizar las ontologías de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 y para el resto de dominios se han encontrado recursos ontológicos suficientemente completos y ampliamente utilizados.

¿Se ha previsto utilizar algún recurso ontológico existente en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 3 debe ser seleccionado.

- Se ha previsto reutilizar las ontologías de las prácticas la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 y otras ontologías disponibles en repositorios de ontologías por lo que se selecciona el escenario 3. El desarrollo de este escenario se explica en detalle en la sección 5.3.

¿Se ha previsto utilizar y modificar algún recurso ontológico en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 4 debe ser seleccionado.

- Se ha seleccionado el escenario 4 ya que se prevé que será necesario realizar cambios sobre algunas de las ontologías candidatas a ser reutilizadas, en algunos casos debido a que no se ajusten al dominio totalmente y en otros porque no se encuentren en el lenguaje de implementación de ontologías especificado en los requisitos. El desarrollo de este escenario se explica con mayor detalle en la sección 5.4.

¿Se ha previsto utilizar y combinar algún conjunto de recursos ontológicos en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 5 debe ser seleccionado.

- No se ha previsto combinar conjuntos de recursos ontológicos por lo que el escenario 5 no se selecciona.

¿Se ha previsto utilizar, combinar y modificar algún conjunto de recursos ontológicos en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 6 debe ser seleccionado.

- No se ha previsto utilizar, combinar y modificar conjuntos de recursos ontológicos por lo que el escenario 6 no se selecciona.

¿Se ha previsto utilizar patrones de diseño ontológico en el desarrollo de la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 7 debe ser seleccionado.

- Se ha seleccionado el escenario 7 ya que se prevé la utilización de patrones de diseño ontológico. En la sección 5.6 se explicará más detenidamente el desarrollo de este escenario.

¿Se ha previsto reestructurar la red de ontologías? En caso afirmativo, el escenario 8 debe ser seleccionado.

- Se ha seleccionado el escenario 8 ya que se prevé que se llevará a cabo una reestructuración de ontologías en el proceso de creación de la red de ontologías para realizar la conexión de los distintos módulos ajustando el resultado al dominio en cuestión. El desarrollo de este escenario se detalla en la sección 5.5.

¿Se ha previsto desarrollar la red de ontologías en distintos idiomas? En caso afirmativo, el escenario 9 debe ser seleccionado.

- Puesto que uno de los requisitos es que la red de ontologías sea multilingüe ya que debe representar conocimiento en castellano, gallego e inglés, se ha seleccionado el escenario 9. El desarrollo de este escenario se explicará con mayor detalle en la sección 5.7.

Teniendo en cuenta las respuestas que se han dado a las preguntas anteriores se llevarán a cabo los escenarios 3, 4, 7, 8 y 9 combinados con el escenario 1 que es obligatorio como se mencionó en la sección 2.2.4 durante el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago. En la figura 16 se muestran gráficamente estos escenarios previstos, mediante una instanciación de la figura 5 al caso particular de la red de ontologías del Camino de Santiago.

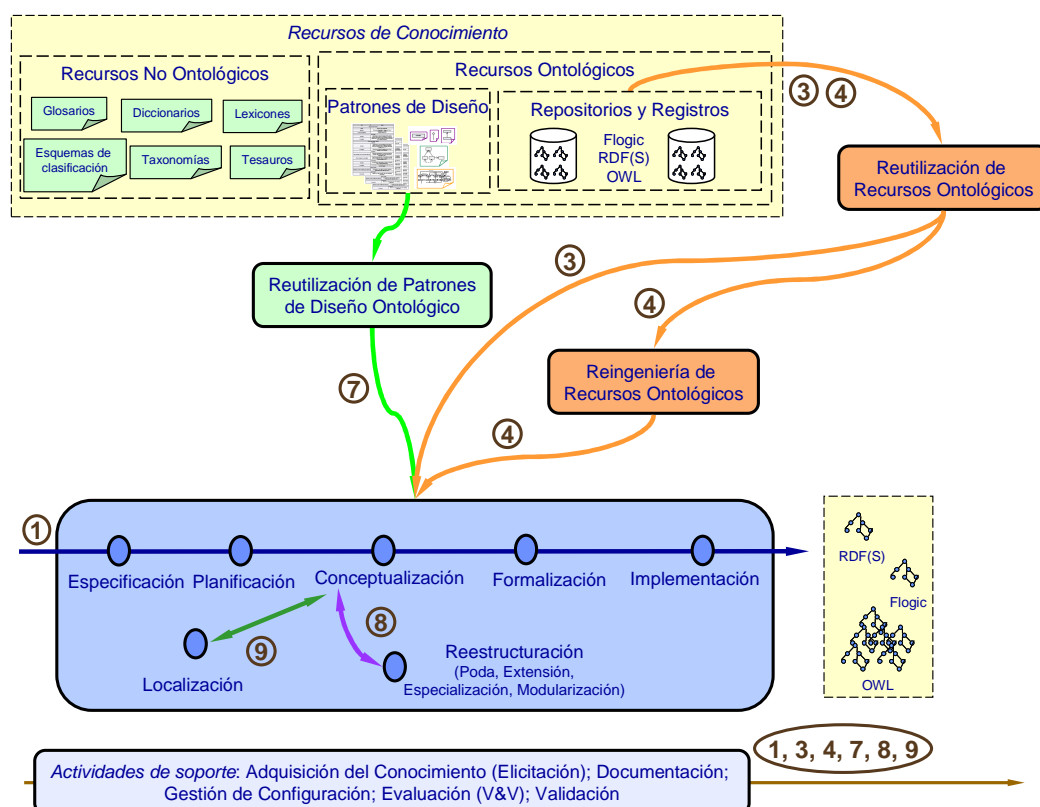


Figura 16 Escenarios seguidos durante la construcción de la red de ontologías (basada en [Suárez-Figueroa et al., 2008])

En la figura 17 se muestra un esquema con el orden cronológico en el que se llevaron a cabo los distintos escenarios durante el desarrollo de la red de ontologías y las relaciones entre los mismos. Se puede observar como el desarrollo de ontologías desde cero (escenario 1) se combina con las demás formas de desarrollar ontologías que se han llevado a cabo. En los escenarios de reutilización de recursos existentes se muestra a través de una línea discontinua el tipo de recurso que toman como entrada. En el caso de la reutilización, reingeniería y localización de recursos ontológicos (Escenario 3, 4 y 9), se tienen como entrada las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 y las ontologías disponibles en los distintos repositorios y registros. En el caso de la reutilización de patrones de diseño ontológico (Escenario 7) se cuenta con el código y las descripciones de patrones disponibles en las librerías de patrones de diseño ontológico descritas en la sección 2.3.1 del estado de la cuestión. Las flechas con línea continua representan la relación entre los productos obtenidos a lo largo de un escenario, no necesariamente al final del escenario, y el desarrollo de otro escenario. Así observamos que la ontología resultante del escenario de localización (Escenario 9) fue utilizada durante la reingeniería de recursos ontológicos (Escenario 4). Se puede observar también que la reutilización de patrones de diseño ontológico (Escenario 7) tuvo relación con la reingeniería de recursos ontológicos ya que se utilizaron para modificar algunas modelizaciones. Además, las ontologías resultantes de la reutilización (Escenario 3) y de la reingeniería de recursos ontológicos junto con el resultado de la

reutilización de patrones de diseño ontológico, corresponden con la entrada de la reestructuración (Escenario 8).

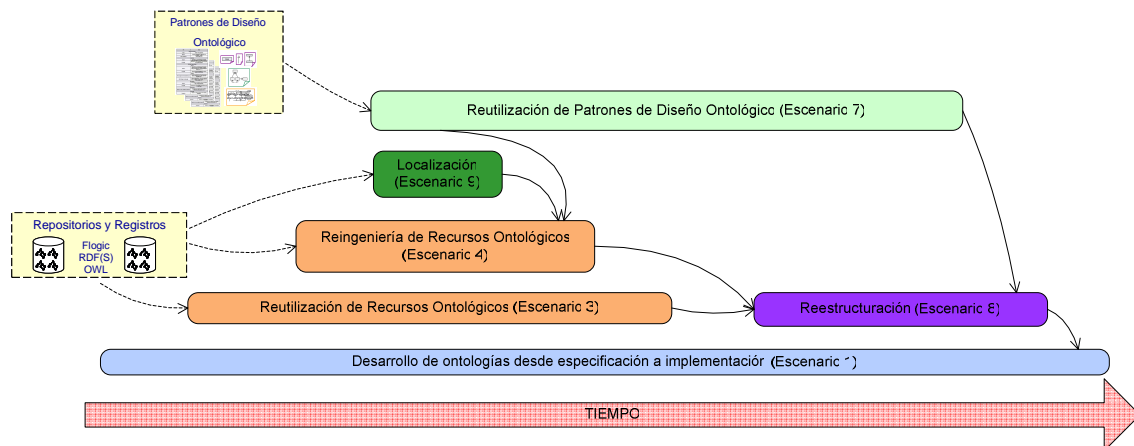


Figura 17 Orden de desarrollo de los escenarios seguidos durante el desarrollo de la red de ontologías.

Como se observa en la figura 17, durante el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago los escenarios se han llevado a cabo en paralelo casi en su totalidad. A continuación se explica en general el proceso seguido durante el desarrollo de la red de ontologías.

Como en cualquier desarrollo de ontologías, en primer lugar se realizó la especificación de requisitos de la red de ontologías para el Camino de Santiago. Esta actividad de especificación forma parte del escenario 1 que como se ha explicado en la sección 2.2.4 es el escenario base sobre el cual se deben combinar el resto de escenarios.

El siguiente paso del desarrollo de la red de ontologías fue la reutilización de recursos ontológicos. El motivo de esta decisión fue la necesidad de tener las ontologías reutilizadas disponibles para proceder a su reestructuración. La reingeniería de los recursos ontológicos se llevó a cabo en paralelo a la reutilización de recursos ontológicos y también se realizó antes de la reestructuración por el mismo motivo, es decir, se necesitan las ontologías resultantes de ambos escenarios para proceder a su reestructuración en la creación de la red de ontologías.

De manera paralela a la reutilización y reingeniería se llevó a cabo la localización de ontologías, pero en este caso las ontologías resultantes no fueron entrada del escenario de reestructuración sino del escenario de reingeniería. Esto se podría haber hecho en el orden inverso, es decir, primero reingeniería y luego localización. En cambio se realizó en primer lugar la localización de las ontologías reutilizadas que se encontraban desarrolladas en inglés, con el objetivo de trabajar con las ontologías en castellano y así tener mayor facilidad de comprensión de los términos y acelerar el proceso de reingeniería.

La reutilización de patrones de diseño ontológico se ha llevado a cabo en paralelo con el resto de escenarios y durante gran parte del desarrollo de la red de ontologías. Esto se debe a que los patrones se han reutilizado en algunos casos para realizar algunas de las modificaciones

llevadas a cabo en las ontologías durante el desarrollo del escenario de reingeniería y en otros casos para llevar a cabo la reestructuración de las ontologías.

Como ya se ha comentado la elección de los escenarios que se van a llevar a cabo durante el desarrollo de una red de ontologías depende de los recursos de conocimientos seleccionados para su reutilización y el uso que se pretenda hacer de ellos. Esta selección de recursos se puede realizar siguiendo los requisitos identificados en la especificación de requisitos (que se explica en la sección 5.2) o mediante algunos criterios que nos ayuden a sopesar las ventajas y desventajas de cada uno de los recursos de conocimiento disponibles.

En el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago, para llevar a cabo la actividad de selección de ontologías en cada uno de los dominios en los que se ha dividido la red de ontologías, se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Visión general de la cantidad (en términos cualitativos) de conocimiento que se puede reutilizar en comparación con el que habría que añadir. Este criterio se refiere a la adecuación al dominio del recurso disponible. Concretamente se han tenido en cuenta:
 - Cantidad de clases, relaciones, atributos y axiomas candidatos a permanecer tras la reutilización de la ontología.
 - Cantidad de clases, relaciones, atributos y axiomas candidatos a ser modificados tras la reutilización de la ontología.
 - Los motivos por los que habría que eliminar o modificar dichas clases, relaciones, atributos y axiomas, es decir, si el motivo es que sobran, o que sean incorrectas.
 - Tratamiento que se tendría que hacer sobre dichas clases, relaciones, atributos y axiomas, esto es, si habría que eliminarlas, renombrarlas, redefinirlas, etc.
 - Cantidad de clases, relaciones, atributos y axiomas que se tendrían que añadir en la ontología.
- Consistencia de la ontología. Este criterio es importante ya que se puede encontrar una ontología muy completa pero que presente problemas de consistencia en algún razonador. Si se da este caso hay que sopesar el esfuerzo de detectar el motivo que causa la inconsistencia.
- Patrones y antipatrones de diseño ontológico identificados. La ausencia de antipatrones en una ontología puede motivar su selección frente a otra que trate el mismo dominio y presente antipatrones de diseño ya que éstos pueden generar, por ejemplo, problemas de razonamiento de la ontología.

Entre los criterios mencionados hay algunos que tienen más peso a la hora de seleccionar una ontología u otra. Por ejemplo, el hecho de tener que añadir demasiadas clases, relaciones, atributos y sobre todo axiomas puede ser determinante para descartar una ontología en la selección debido a que dicha acción puede conllevar una gran cantidad de trabajo.

En cambio hay otros criterios que tienen menos peso a la hora de decidir entre una ontología y otra. Por ejemplo, el hecho de tener que adaptar el nombrado de los elementos de la ontología o traducirla es un factor que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar ontologías puesto que requiere un esfuerzo extra, sin embargo, no se ha considerado determinante a la hora de rechazar una ontología.

Para realizar la selección entre los recursos no ontológicos y recursos ontológicos disponibles se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Visión general de la cantidad (en términos cualitativos) de conocimiento que se puede reutilizar en comparación con el que habría que añadir. Este criterio se refiere a la adecuación al dominio del recurso de conocimiento disponible.
- Esfuerzo de transformación de un recurso no ontológico en una ontología. Este criterio no se refiere sólo al proceso de automatizar la transformación de un recurso no ontológico en una ontología, si no también al esfuerzo requerido para evaluar el resultado de dicha transformación y añadir manualmente el conocimiento semántico que no se haya representado de manera automática.

Para el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago no se han reutilizado recursos no ontológicos, como tesauros y estándares ISO, representados en la figura 15. Esto es debido a que en los casos de las ontologías de arte, gustos, arquitectura y servicios se han reutilizado las ontologías de las prácticas desarrolladas, partiendo de tesauros o no, en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, como se establecía en el planteamiento del desarrollo de este proyecto final de carrera.

En otros casos en los que se disponían de recursos ontológicos y no ontológicos para representar un dominio se han elegido los ontológicos basándonos en los criterios explicados anteriormente. En el caso de la ontología de lenguajes no se han reutilizado los estándares mostrados en la figura 15 si no la ontología mostrada en la misma figura ya que la ontología está basada en dichos estándares, por lo que representa el mismo conocimiento sin ser necesaria la transformación de los mismos en recursos ontológicos. En el caso de la ontología de precios se ha reutilizado un patrón de diseño ontológico en lugar del estándar ISO mostrado en la figura 15 ya que se adaptaba mejor a las necesidades de la red de ontologías para el Camino de Santiago.

5.2 Especificación de requisitos de la red de ontologías

La red de ontologías que se pretende desarrollar en este proyecto final de carrera forma parte del proyecto nacional *GeoBuddies: Anotación semántica colaborativa con dispositivos móviles en el Camino de Santiago* (TSI2007-65677-C02) cuyo objetivo consiste en el desarrollo de una infraestructura tecnológica que permita consultar información relacionada con el Camino de Santiago a través de dispositivos móviles. Para proporcionar este servicio, en el proyecto GeoBuddies se creará una comunidad virtual de usuarios del Camino de Santiago en la que

sus miembros (a través de sus dispositivos móviles, ya sean teléfonos o PDAs³⁶) introducirán y consultarán información relevante sobre diferentes aspectos del Camino de Santiago, manejarán información geográfica y podrán anotar semánticamente dicha información para almacenarla en la comunidad virtual, de modo que todos sus miembros puedan hacer uso de dicha información.

Para describir el propósito y alcance de la red de ontologías así como los requisitos que debe cumplir la red en forma de preguntas de competencia [Gruninger & Fox, 1994] se va a utilizar la plantilla para el documento de especificación de requisitos de la ontología ORSD (*Ontology Requirements Specification Document*) descrita en [Suárez-Figueroa *et al.*, 2008] que consta de los siguientes campos:

- *Propósito*: en este campo los desarrolladores deben incluir el propósito de la ontología.
- *Alcance*: en este campo los desarrolladores deben incluir el alcance de la ontología.
- *Nivel de formalidad*: en este campo los desarrolladores deben incluir el nivel de formalidad necesario para el desarrollo de la ontología.
- *Usuarios previstos*: en este campo los desarrolladores deben incluir los usuarios previstos para la ontología.
- *Usos previstos*: en este campo los desarrolladores deben incluir los usos previstos de la ontología.
- *Grupos de preguntas de competencia*: en este campo los desarrolladores deben incluir los grupos de preguntas de competencia de la ontología y sus respuestas, en los casos que sea posible, incluyendo prioridades para cada grupo.
- *Pre-glosario de términos*: el pre-glosario de términos incluye los siguientes campos:
 - *Términos*: en este campo los desarrolladores deben incluir la lista de términos que aparecen en las preguntas de competencia y en sus respuestas. En este campo también se incluye la frecuencia de aparición de los términos.
 - *Objetos*: en este campo los desarrolladores deben incluir la lista de objetos que aparecen en las preguntas de competencia y en sus respuestas. En este campo también se incluye la frecuencia de aparición de los objetos.

En esta sección se van a describir el propósito, el alcance, el nivel de formalidad, los usuarios y usos previstos y las preguntas de competencia. El pre-glosario de términos se adjunta en el Anexo I.

5.2.1 Propósito

El propósito de la red de ontologías que se pretende desarrollar en este proyecto final de carrera es permitir a los distintos tipos de usuarios (peregrinos, turistas, empresarios...) obtener y aportar información sobre los servicios comunitarios, obras de arte, fenómenos geográficos,

³⁶ Siglas de la forma inglesa "*Personal Digital Assistant*"

etc., que se pueden encontrar en el Camino de Santiago. La red de ontologías debe proveer información en los siguientes idiomas: (1) castellano, (2) inglés y (3) gallego. Este requisito sobre multilingüidad es parte de los requisitos de la red de ontologías para el proyecto nacional GeoBuddies, sin embargo, en el contexto de este proyecto final de carrera se considera únicamente el desarrollo de la red de ontologías en castellano.

5.2.2 Alcance

La red de ontologías representará la información relacionada con el Camino de Santiago relativa a los siguientes dominios:

- **Obras de arte:** en este dominio se incluye información referente a obras de arte, disciplinas artísticas, materiales utilizados para crear las obras de arte, profesiones relacionadas con los distintos tipos de arte, estilos y periodos artísticos y temas sobre los que tratan las obras de arte.
- **Servicios comunitarios:** este dominio se refiere a los distintos tipos de servicios que se pueden encontrar o necesitar a lo largo del Camino de Santiago, como por ejemplo servicios de alojamiento, sanidad, información, seguridad, ocio, etc.
- **Arquitectura:** este dominio contempla la información relacionada con las construcciones y los elementos arquitectónicos.
- **Geografía:** en este dominio incluye información sobre localización geográfica, áreas administrativas y fenómenos geográficos.
- **Gustos:** este dominio es el relativo a las preferencias de los usuarios y su personalidad.

5.2.3 Nivel de formalidad

Para cumplir con los requisitos de la aplicación que se va desarrollar dentro del proyecto GeoBuddies necesitamos que la ontología esté implementada en algún lenguaje de implementación de ontologías, concretamente se ha elegido el lenguaje OWL-DL. Se ha tomado esta decisión ya que OWL forma parte de las recomendaciones del W3C³⁷ para la web semántica. Dentro de las capas del lenguaje OWL (Lite, DL y Full) se ha elegido la capa intermedia, DL, ya que ofrece una gran expresividad manteniendo al mismo tiempo la decibilidad (garantía de hallar todas las soluciones en un tiempo finito) y completitud computacional (garantía de devolver todas las soluciones posibles).

5.2.4 Usuarios previstos

Los usuarios a los que va dirigida la red de ontologías son principalmente peregrinos que se encuentran realizando el Camino de Santiago. No obstante, también puede ser utilizada por turistas, o personas que se encuentre en la zona sin necesidad de estar realizando el camino.

³⁷ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>

Otro tipo de usuarios pueden ser los empresarios o responsables de organizaciones que quieran introducir datos sobre los servicios que ofrecen a lo largo del Camino de Santiago.

5.2.5 Usos previstos

La ontología desarrollada tiene como objetivo permitir a los usuarios almacenar y recuperar información sobre obras de arte, edificios, servicios comunitarios, lugares de interés, etc., que se pueden encontrar a lo largo del Camino de Santiago.

5.2.6 Grupos de preguntas de competencia

Las cuestiones de competencia que se quieren responder con la ontología agrupadas por dominios (arte, geografía, arquitectura y servicios comunitarios) son:

Arte:

1. ¿Qué tipo de arte puedo encontrar en el Camino de Santiago? Se puede encontrar arte del tipo pintura, escultura, teatro, música, cine, literatura, etc.
2. ¿De qué periodos se puede encontrar el arte en el Camino de Santiago? Se puede encontrar arte del periodo pre-histórico, medieval, etc.
3. ¿De qué estilos se puede encontrar el arte en el Camino de Santiago? Se puede encontrar arte de estilo gótico, románico, bizantino, del renacimiento, etc.
4. ¿De qué temas se puede encontrar el arte en el Camino de Santiago? Se puede encontrar arte de tema religioso, retrato, paisaje, etc.
5. ¿En qué lugar se puede encontrar obras de arte en el Camino de Santiago? Se puede encontrar en lugares como un museo, una iglesia, una catedral, un centro de arte, una galería de arte, etc.
6. ¿En qué lugar se puede encontrar objetos de arte en el Camino de Santiago? Se puede encontrar en lugares como un museo, una iglesia, una catedral, un centro de arte, una galería de arte, etc.
7. ¿Qué tipos de objetos de arte se puede encontrar en el Camino de Santiago? Se pueden encontrar objetos de arte del tipo cerámica, tapiz, alfombra, etc.
8. ¿Qué tipo de escultura se puede encontrar en el Camino de Santiago? Se pueden encontrar esculturas de tipo estatua, talla, etc.
9. ¿Cuánto hay que pagar para entrar en el museo de la Catedral de Santiago de Compostela? La tarifa general es de 5 euros, la reducida de 3 euros, para grupos educativos de 1 euro y el día 18 de mayo (Día Internacional de los Museos) la entrada es gratuita.
10. ¿Cuál es el horario del museo de la Catedral de Santiago? De lunes a sábado, de 10,00 a 13,30 horas y de 16,00 a 18,30, y los domingos de 10,00 a 13,30 horas, en el periodo de 1 de octubre a 31 de mayo; de lunes a sábado, de 10,00 a 14,00 horas y de

16,00 a 20,00 horas, y los domingos de 10,00 a 14,00 horas, en el periodo de 1 de junio a 30 de septiembre.

11. ¿Cuál es la dirección del museo de la Catedral de Santiago? Pza. del Obradoiro, s/n, CP 15704, Santiago de Compostela, España.
12. ¿Qué objetos de artesanía se pueden comprar en el Camino de Santiago? Se pueden comprar imágenes sagradas de Vírgenes, Cristos y otras estatuas; estatuas de cerámica; reproducciones sobre tabla de pinturas murales románicas; reproducciones sobre tabla de pinturas románicas de altares; reproducciones sobre tabla de láminas de las Cantigas de Alfonso X el Sabio; sombreros; vajillas; velas; forja ornamental; grabados; objetos en vidrio; objetos de orfebrería; objetos de azabachería; esmalte; cincelado; objetos de gemología; cerámica; cuero; joyería; etc.
13. ¿Qué artesanos producen los objetos de orfebrería? Los orfebres.
14. ¿Cuáles son las danzas que puedo encontrar a lo largo del camino? Danza Virgen de la Nieves; Saltabardales, Danzas de Santander; L'arca de Sueños; los Bolantes o Bolantak; la muñeira; danzas de Ochagavía; danzas gallegas como la jota, la pandeirada, el fandango, el maneo, etc.
15. ¿En qué lugar se pueden ver obras de teatro en el Camino de Santiago? En el Salón Teatro del Centro Dramático Gallego, en el Teatro Principal o Teatro Nacional de Galicia, en el Teatro Galán y en la Sala Nasa.
16. ¿Quién produce arte en el Camino de Santiago? Los artistas y artesanos.
17. ¿Qué tipo de arte se puede encontrar en la Catedral de Santiago de Compostela? Se puede encontrar reliquias, tumbas, sepulcros, oratorios, etc.
18. ¿Qué escultura se puede encontrar en la Catedral de Santiago de Compostela? En la Catedral de Santiago de Compostela se puede encontrar la escultura del Pórtico de la Gloria.
19. ¿Qué estilo artístico tiene el Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela? El Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela es una obra del estilo románico.
20. ¿De qué periodo es la escultura del Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela? El Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela es del periodo medieval.
21. ¿Quién es el autor de la escultura Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago de Compostela? El autor de la obra "Pórtico de la Gloria" de la Catedral de Santiago de Compostela es el Maestro Mateo.
22. ¿De qué siglo es la escultura Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago? La escultura Pórtico de la Gloria de la Catedral de Santiago es del siglo XII.

23. ¿En qué lugar se pueden escuchar actuaciones musicales en Santiago de Compostela? En el Auditorio de Galicia y en la Capilla Real del Hostal de los Reyes Católicos.
24. ¿Qué eventos musicales ocurren en Santiago de Compostela? Las Xornadas de Música en Compostela.
25. ¿En qué fecha se celebra el evento Xornadas de Música en Compostela? Durante el mes de agosto.
26. ¿En qué lugar ocurre el evento Xornadas de Música en Compostela? En la Capilla Real del Hostal de los Reyes Católicos.
27. ¿Qué conciertos se pueden escuchar en el Auditorio de Galicia? El Concierto Presentación Catedral de Santiago y el Concierto de Reis.
28. ¿Qué eventos se pueden encontrar en Santiago de Compostela? El Festival Internacional de Danza para Paseantes, La Feira do Libro y Cineuropa.
29. ¿Qué evento de danza ocurre en el Camino de Santiago? El Festival Internacional de Danza para Paseantes 'En Pé de Pedra'.
30. ¿Qué manuscritos se puede encontrar en la Catedral de Santiago? El Codex Calixtinus, también llamado Códice Calixtino, el Liber Sancti Jacobi, que es el Libro IV del Códice Calixtino, y el Tumbo A.
31. ¿De qué siglo es el manuscrito Codex Calixtinus? El Codex Calixtinus es una obra del siglo XII.
32. ¿Qué talla se puede encontrar en el Camino de Santiago? La talla de Sta. María de Roncesvalles.
33. ¿De qué estilo es la talla de Sta. María de Roncesvalles? La talla de Sta. María de Roncesvalles es del estilo medieval.
34. ¿Qué obras de arte son del estilo gótico? El Pórtico de la Gloria.

Geografía:

35. ¿En qué posición está situado el peregrino? El peregrino está en el punto (X, Y)
36. ¿En qué provincia está situado el peregrino? El peregrino está en la provincia de La Coruña
37. ¿Con qué medio de transporte circula el peregrino? El peregrino circula a pie.
38. ¿A qué Comunidad Autónoma pertenece la provincia de La Coruña? A Galicia.
39. ¿Qué provincias pertenecen a la comunidad autónoma de Galicia? La Coruña, Lugo, Orense y Pontevedra.
40. ¿En qué posición está situada la Capilla de San Roque?

41. ¿Dónde nace el río Miño? El río Miño nace en el Pedregal de Irimia de la Sierra de Meira, en el municipio de Meira.
42. ¿Dónde desemboca el río Miño? El río Miño desemboca en el Océano Atlántico.
43. ¿Cuáles son las rutas del Camino del Francés? Camino de Santiago Francés y Camino de Santiago Aragonés.
44. ¿Qué peregrinos están cerca del albergue de Melide?
45. ¿En qué camino está situado el peregrino?
46. ¿Por qué provincias pasa el Camino Francés? El Camino Francés pasa por Navarra, La Rioja, Burgos, Palencia, León, Lugo y La Coruña.
47. ¿En qué población se inicia el Camino Primitivo? El Camino Primitivo se inicia en Pola de Gordón.
48. ¿Qué puntos de interés están situados en la población en la que está situado el peregrino?

Arquitectura:

49. ¿Cuál es el nombre de esta construcción? Catedral de Santiago de Compostela.
50. ¿Dónde se localiza esta construcción? En Santiago de Compostela.
51. ¿Cuál es la fecha o periodo de construcción de este edificio o infraestructura?
52. ¿Cuál es el estilo arquitectónico predominante de esta construcción?
53. ¿Qué estilos arquitectónicos se manifiestan en esta construcción? El estilo gótico.
54. ¿Qué tipo de construcción es este edificio o infraestructura?
55. ¿Qué elementos arquitectónicos están presentes en esta construcción?
56. ¿Qué construcciones tienen el gótico como estilo predominante?
57. ¿En qué construcciones está presente la bóveda de crucería?
58. ¿En qué año se empezó la construcción de este edificio?
59. ¿En qué siglo se acabó la construcción del edificio?

Servicios comunitarios:

60. ¿Qué servicios se ofrecen? Se ofrece el servicio de alojamiento.
61. ¿Qué servicio se ofrecen en este establecimiento? Alojamiento y comida.
62. ¿Qué precio tiene un el servicio de alojamiento en este establecimiento? 7 euros.
63. ¿Cuántas estrellas tiene este hotel?
64. ¿Cuántos tenedores tiene este restaurante?

65. ¿Cuántas habitaciones tiene este alojamiento?
66. ¿Qué características tienen las habitaciones de este alojamiento?
67. ¿Tiene este establecimiento zona habilitada para fumadores?
68. ¿Hay algún servicio cerca de mi posición?
69. ¿Existe algún medio de transporte entre las localidades A y B?
70. ¿Hay algún área de descanso cerca?
71. ¿Cuál es el hospital más cercano?
72. ¿Qué tipo de artículos vende este establecimiento?
73. ¿Tiene servicio de lavandería este albergue?
74. ¿Tiene servicio de guía este alojamiento?
75. ¿Cuánto cuesta el menú del día en este restaurante?
76. ¿Qué espectáculos hay en esta zona?
77. ¿Cuál es el albergue más cercano a esta ciudad?
78. ¿Dónde se expide la credencial la Compostela? En la Catedral de Santiago de Compostela.
79. ¿Dónde está el alojamiento más cercano al punto en el que se encuentra el peregrino
80. ¿Dónde puedo ir a comer en esta ciudad?
81. ¿Qué hoteles de 4 estrellas hay en esta ciudad?
82. ¿Qué alojamientos son gratuitos en esta población?
83. ¿Dónde puedo poner una denuncia en esta ciudad?
84. ¿Qué hospitales tienen servicios de traumatología (urgencias, farmacia...) en esta ciudad?
85. ¿Qué restaurantes de comida internacional puedo encontrar en este camino?
86. ¿Cuál es el número de teléfono de un servicio de taxis en esta ciudad?
87. ¿Dónde está la estación de tren más cercana a este pueblo?
88. ¿En qué pueblos de esta ciudad se pueden alquilar bicicletas y hay supermercado?
89. ¿Qué destinos tiene este servicio de transporte?
90. ¿Este servicio de transporte va a la ciudad X?
91. ¿Cuánto cuesta un billete a la ciudad X?
92. ¿Qué transportes salen del punto (X,Y)?
93. ¿Qué restaurantes hay en esta ruta?

94. ¿Qué restaurantes hay en esta zona con precio de menú inferior a 7euros?
95. ¿A que distancia está este hospital?
96. ¿Tiene habitaciones dobles este alojamiento?
97. ¿Ofrece desayunos y comida este alojamiento?
98. ¿Cuál es el precio de las habitaciones por noche en este alojamiento?
99. ¿Cuál es el servicio más cercano al punto (X,Y)?

5.3 Reutilización de recursos ontológicos

El hecho de reutilizar recursos ontológicos sin realizar sobre ellos actividades de reingeniería, mezcla o alineación, tiene lugar en el escenario 3 de los propuestos en la metodología NeOn (figura 5).

Los dominios de la red de ontologías para el Camino de Santiago para los que se ha seguido un proceso de reutilización de recursos ontológicos sin realizar sobre los mismos actividades de reingeniería son los siguientes:

- Como ontología de lenguajes se ha decidido utilizar la propuesta por la FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) “languagecode” ya que ha sido la única ontología de lenguajes encontrada y además cuenta con la ventaja de estar desarrollada de acuerdo a los estándares ISO-639-1³⁸ e ISO-639-2³⁹.
- Para elegir una ontología temporal acorde con las necesidades de la red de ontologías del Camino de Santiago se eligió DAML-Time-Basic basándonos en el estudio realizado en [Fernández-López & Gómez-Perez, 2004].
- Como ontología de unidades de medida se ha decidido utilizar “units” procedente del proyecto SWEET (*SemanticWeb for Earth and Environmental Terminology*) de la NASA por su adecuación al dominio.

5.4 Reutilización y reingeniería de recursos ontológicos

Durante los últimos años la comunidad de investigadores en ingeniería ontológica ha estado trabajando en la reutilización y reingeniería de recursos, ontológicos y no ontológicos, con el fin de acelerar los procesos de desarrollo de ontologías. Es decir, los desarrolladores están siendo conscientes de los beneficios de reutilizar recursos existentes en lugar de comenzar desde cero el desarrollo de las ontologías. El principio subyacente es que la reutilización de los recursos ontológicos existentes reduce el tiempo y los costes asociados al desarrollo de la ontología.

La reutilización de recursos ontológicos se refiere al uso de parte o totalidad de ontologías ya existentes para el desarrollo de la nueva ontología. Por ejemplo, en nuestro caso se podría

³⁸ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=4766

³⁹ http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=4767

necesitar la reutilización de ontologías existentes y consensuadas sobre “GML”⁴⁰ para definir, de manera precisa, en qué posición geográfica se encuentra una ermita que podemos visitar durante el Camino de Santiago.

En esta sección se va a detallar el proceso de reutilización de recursos ontológicos combinado con actividades de reingeniería que se ha llevado a cabo durante el proyecto final de carrera, es decir, la realización del escenario 4 de los propuestos en la metodología NeOn (figura 5). Los casos en los que se ha seguido un proceso de reutilización de recursos ontológicos sin realizar sobre los mismos actividades de reingeniería se explicarán en la sección 5.3.

Según [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b] podemos definir reingeniería de ontologías como el proceso de recuperar y transformar un modelo conceptual existente e implementado en una ontología, en un nuevo modelo, más correcto y completo el cual es reimplementado. Además, se proponen los niveles de abstracción que subyacen a la actividad de reingeniería ontológica, y que se muestran en la figura 18.

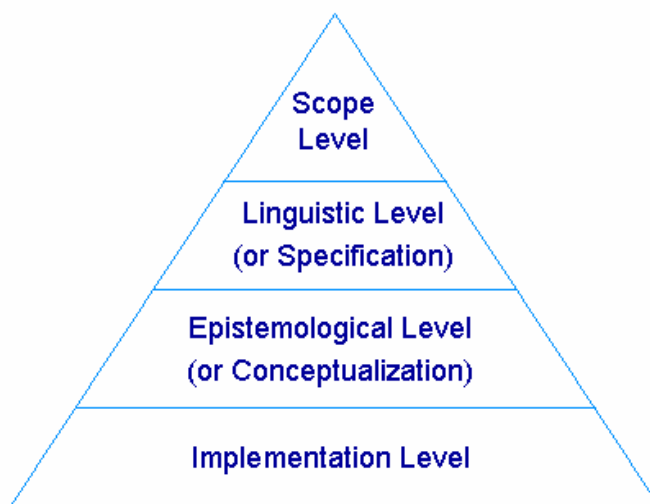


Figura 18 Niveles de abstracción para la actividad de Reingeniería Ontológica [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b]

Partiendo de los niveles de abstracción que se exponen en la figura 18, en [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b] se propone el modelo de reingeniería ontológica mostrado en la figura 19. Este modelo expone que, normalmente, la actividad de reingeniería ontológica parte del código de una ontología y produce el código de una nueva ontología. Este modelo también muestra los diferentes caminos que se pueden dar para la transformación de una ontología en otra nueva. La elección de un camino concreto depende de las características que vayan a cambiar en la ontología. En [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b] se distinguen los siguientes tipos de cambios: re-implementación, re-conceptualización, re-especificación y re-planteamiento.

⁴⁰ Siglas de la forma inglesa “*Geography Markup Language*”

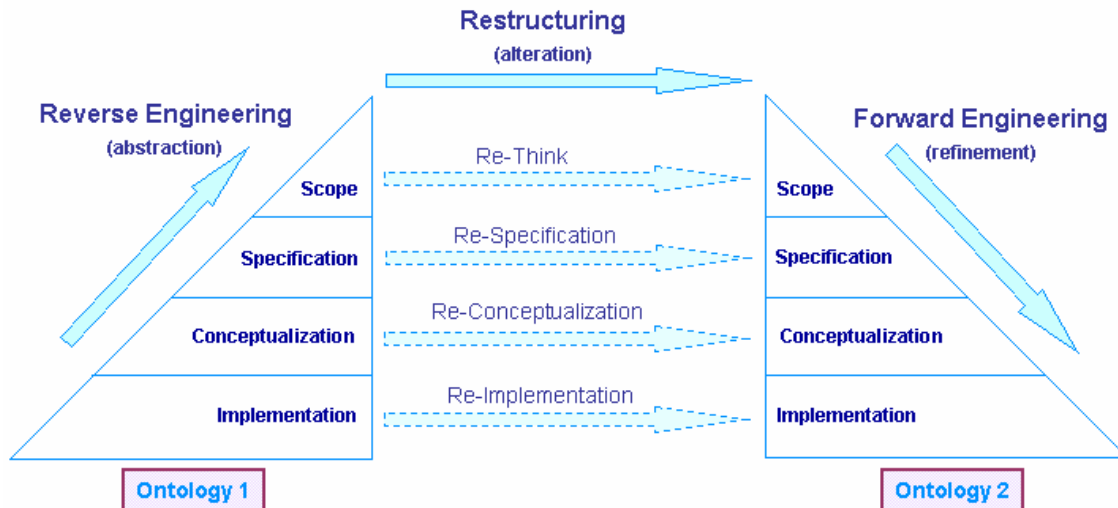


Figura 19 Modelo general de reingeniería ontológica [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b]

Uno de los aspectos más importantes a la hora de realizar el proceso de reutilización son los criterios que se van a utilizar a la hora de seleccionar las ontologías que se van a reutilizar. En nuestro caso concreto se han utilizado los siguientes criterios:

- En primer lugar, se ha dado prioridad a aquellas ontologías desarrolladas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 para los dominios de arte, arquitectura, geografía, gustos y servicios comunitarios ya que el planteamiento inicial para el desarrollo de la red era la reutilización y conexión de estas ontologías.
- A continuación, se ha otorgado prioridad a aquellas ontologías consensuadas de manera internacional a través de normas o estándares.
- Finalmente, se ha optado por considerar aquellas ontologías que mejor se adaptasen al dominio.

Una vez justificada la necesidad de reutilizar ontologías ya existentes y explicados los criterios que se van a utilizar a la hora de seleccionar ontologías, pasamos a describir los recursos elegidos para reutilizar en la creación de la red de ontologías.

Tras analizar las distintas fuentes que se podrían reutilizar para desarrollar la red de ontologías (figura 15) se tomaron las siguientes decisiones:

- Para los dominios de geografía, arte, arquitectura y servicios comunitarios reutilizar la ontología que mejor cubriese el dominio de entre aquellas desarrolladas durante las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. En el caso concreto del dominio del arte se reutilizó una ontología que se encontraba dividida en módulos ontológicos que cubrían distintos subdominios relacionados con el arte.

- Para el dominio de gustos y personalidad únicamente se tenía una práctica desarrollada en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, por lo que no fue necesario elegir.
- Para la ontología de personas se utilizó FOAF por ser la ontología más extensamente utilizada.
- Para la ontología GML se optó por emplear la *Ontology for Geography Markup Language (GML3.0) of Open GIS Consortium (OGC)*, la cual sigue los estándares del OGC⁴¹.

En nuestro caso concreto se han tomado cinco ontologías de dominio (arte, arquitectura, geografía, gustos y servicios comunitarios) como base para crear la red de ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007 - 2008. En todos los casos ha habido que realizar actividades de reingeniería sobre las ontologías para adaptarlas a las necesidades reales de la red de ontologías que se pretendía obtener como se explica en la sección 5.4.1. También ha sido necesario realizar actividades de reingeniería sobre las ontologías “*Ontology for Geography Markup Language*” y FOAF.

5.4.1 Modificaciones realizadas

Durante el proceso de desarrollo de la red de ontologías se ha llevado a cabo la actividad de reingeniería sobre las ontologías seleccionadas entre las procedentes de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 y las ontologías “*Ontology for Geography Markup Language*” y FOAF. Del conjunto total de modificaciones realizadas sobre las ontologías se ha extraído un conjunto representativo de los mismos ya que se repiten los mismos casos en prácticamente la totalidad de ontologías sobre las que se ha realizado reingeniería.

En esta sección se detallan todos y cada uno de estos casos representativos utilizando para ello el formato de la “Plantilla para describir las modificaciones realizadas en las ontologías reutilizadas”, cuyo contenido se describe en la tabla 17.

Los tipos de modificaciones realizadas son los siguientes:

1. Crear y/o reestructurar jerarquías (tabla 18)
2. Completar conocimiento representado (tabla 19)
3. Restablecer granularidad (tabla 20)
4. Restringir al dominio (tabla 21)
5. Redefinir clases y axiomas (tabla 22)
6. Adaptar modelado a patrones de diseño (tabla 23)
7. Unificar nombrado (tabla 24)

⁴¹ <http://www.opengeospatial.org/>

8. Unificar idioma (tabla 25)

9. Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías (tabla 26)

Nombre	Nombre representativo del modificación realizada		
Nivel	Nivel de reingeniería (Figura 19) en el que se ha realizado la modificación		
Descripción			
Descripción general de la modificación realizada, incluyendo las posibles situaciones en las que se ha aplicado la modificación.			
Ejemplo			
Descripción de un ejemplo representativo de la modificación realizada en una de las posibles situaciones en las que se haya aplicado la modificación.			
Situación inicial		Situación final	
Representación gráfica mediante capturas de pantalla de Protégé de la situación inicial del ejemplo, es decir, antes de la modificación.		Representación gráfica mediante capturas de pantalla de Protégé de la situación final del ejemplo, es decir, tras la modificación.	
Motivación			
Descripción de los motivos y beneficios por los cuales se ha decidido realizar la modificación.			
Comentarios			
Posibles comentarios sobre el ejemplo o la modificación llevada a cabo. Este campo es opcional.			

Tabla 17 Plantilla para describir las modificaciones realizadas en las ontologías reutilizadas

Nombre	Crear y/o reestructurar jerarquías
Nivel	Re-conceptualización
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en crear una jerarquía a partir de un determinado concepto creando las subclases a partir del mismo y profundizando en la clasificación tanto como sea necesario según la granularidad que se quiera obtener. Puede que no sea necesario crear las clases si no sólo ordenarlas creando la clasificación. Esta modificación se aplica en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> No existe la jerarquía. Existe una jerarquía pero se quiere ampliar en anchura y/o profundidad. Existe una jerarquía que clasifica los conceptos mezclando distintos criterios de clasificación. 	
Ejemplo	
<p>En este ejemplo se tiene una jerarquía dentro del dominio del arte, en la cual se utilizan distintos criterios para realizar la clasificación. Por una parte se realiza una clasificación según la disciplina artística (arteEscencia, arteVisual, etc.) y por otra parte según el tema que trate la obra de arte (arteReligioso, arteRupestre, etc.). En la solución propuesta se realiza la clasificación según las distintas disciplinas artísticas únicamente. El conocimiento relativo a los temas que tratan las obras de arte se representa mediante una relación que tiene como dominio las obras de arte y como rango los temas artísticos. De esta manera podemos representar que una obra pictórica tiene como tema principal el amor, creando la obra como instancia de pintura y relacionándola con la instancia "amoroso". En lugar de crear la instancia como hija de dos subclases de arte.</p> <p>Además en la solución propuesta en la situación inicial se ha cometido un error, que puede ser debido a intentar clasificar por distintos criterios, ya que modela las bellas artes como subclase de las artes visuales. Esto no es así pues las artes visuales es uno de los tipos de bellas artes.</p>	
Situación inicial	Situación final
Motivación	
<p>La principal motivación para realizar esta modificación es el hecho de conseguir una jerarquía más limpia al estar clasificada mediante un solo criterio. Además al tener una jerarquía mas clara es más fácil tener un control sobre la misma y no cometer errores como en el caso de "bellasArtes" del ejemplo.</p>	
Comentarios	
<p>Puede resultar conveniente realizar un único tipo de clasificación por ejemplo en el caso del ejemplo en el que existe un criterio que predomina sobre los demás al ser el más comúnmente usado o consensuado. En el caso concreto del ejemplo se podrían clasificar las obras de arte por tipo de objeto en el que se materializan, por periodo en el que se realizaron, por estilos, por temas tratados, etc., sin embargo el criterio más utilizado es el de las disciplinas a las que pueden pertenecer las distintas obras de arte.</p>	

Tabla 18 Crear y/o reestructurar jerarquías

Nombre	Completar conocimiento representado
Nivel	Re-conceptualización
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en ampliar el conocimiento representado añadiendo elementos como clases, relaciones, etc. o características de los mismos, como puede ser definir dos relaciones como inversas, es decir, se llevan a cabo actividades de enriquecimiento de ontologías. Esta modificación se aplica en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases: añadir clases, crear clases definidas, establecer clases disjuntas, relacionar clases mediante relaciones de subclase. • Instancias: añadir instancias o triples en los que aparezcan las instancias. • Relaciones: añadir relaciones, añadir características a las relaciones existentes, definir jerarquías de relaciones. • Atributos: añadir atributos, añadir características a los atributos existentes, definir jerarquías de atributos. • Axiomas: añadir axiomas. 	
Ejemplo	
<p>En la situación de partida del ejemplo se tiene una clasificación de los fenómenos geográficos y más concretamente de los fenómenos naturales. En esta última clasificación no se representa una jerarquía sino un solo nivel de clases. En la situación final del ejemplo tenemos la clasificación de los fenómenos geográficos y además una jerarquía para clasificar los accidentes naturales ya sean fisiográficos, hidrográficos o de vegetación. Dentro de los fenómenos fisiográficos se crea también una jerarquía y se han ampliado el número de conceptos representados con respecto a la situación de partida.</p>	
Situación inicial	Situación final
<pre> graph TD GO[GeographicObject] --> AO[AdministrativeObject] GO --> GPO[GeopoliticalObject] GO --> NO[NaturalObject] NO --> Beach NO --> Cape NO --> Cave NO --> Coast NO --> Gulf NO --> Lake NO --> Mountain NO --> MountainChain NO --> MountainPass NO --> Plain NO --> Plateau NO --> Reservoir NO --> Ria NO --> River NO --> Sea NO --> Valley NO --> WaterObject </pre>	<pre> graph TD FG[FenomenoGeografico] --> AN[AccidenteNatural] FG --> FF[FenomenoFisiografico] FG --> FH[FenomenoHidrografico] FG --> V[Vegetacion] FG --> FA[FenomenoArtificial] FG --> LA[LimiteAdministrativo] AN --> Ac[Acantilado] AN --> Arch[Archipielago] AN --> Col[Colina] AN --> Con[Continente] AN --> Cos[Costa] AN --> Cra[Crater] AN --> Cue[Cueva] AN --> Des[Desierto] AN --> Dun[Duna] AN --> Isla AN --> Ist[Istmo] AN --> Llan[Llanura] AN --> Mes[Meseta] AN --> Mont[Montanna] AN --> Oas[Oasis] AN --> Par[Parcela] AN --> Pas[Paso] AN --> Pen[Peninsula] AN --> Val[Valle] </pre>
Motivación	
<p>La motivación principal para realizar esta modificación es añadir conocimiento no representado que forme parte del dominio y de los requisitos de la ontología.</p>	
Comentarios	
<p>En este ejemplo también se han realizado modificaciones relacionadas con la modificación “Crear y/o reestructurar jerarquías” ya que se han dividido los accidentes naturales en accidentes fisiográficos, hidrográficos o de vegetación. Por otra parte esta modificación suele estar relacionada con “Restablecer granularidad” ya que en muchas ocasiones se amplía el conocimiento mediante la actividad de especialización, modificando así la granularidad de la ontología. Además en este caso también se ha realizado la modificación “Unificar idioma”.</p>	

Tabla 19 Completar conocimiento representado

Nombre	Restablecer granularidad
Nivel	Re-especificación
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en profundizar o podar una jerarquía con el fin de ampliar o disminuir la granularidad respectivamente. Esta modificación se aplica en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampliar granularidad: en este caso se profundiza en la jerarquía de manera que las instancias que tenemos se convierten en clases y cada una de ellas va a tener instancias mas concretas. • Disminuir granularidad: en este caso se poda la jerarquía de manera que las clases hoja se convierte en instancias de clases del nivel superior. 	
Ejemplo	
<p>En el ejemplo que se muestra, el cual pertenece al dominio de la geografía, se ha disminuido la granularidad de "Tierra" ya que no es el objetivo clasificar, por ejemplo, los tipos de "asfalto" si no considerar el asfalto como un individuo de la clase "Tierra".</p>	
Situación inicial	Situación final
Motivación	
La motivación de la modificación viene dada por el grado de granularidad que se quiera alcanzar con la ontología.	
Comentarios	
Esta modificación puede estar relacionada con "Completar conocimiento representado" y "Redefinir clases y axiomas".	

Tabla 20 Restablecer granularidad

Nombre	Restringir al dominio
Nivel	Re-especificación
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en eliminar el conocimiento que no es propio de un dominio y reubicarlo en el módulo en el que si se consideren parte del dominio. Esta modificación se aplica en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Existen conceptos que pertenecen al dominio de otro módulo ontológico. En este caso se eliminan los conceptos de un módulo y se añaden en el otro. Hay relaciones que no tienen el dominio y el rango en el módulo en el que están definidas. En este caso se eliminan y se añaden posteriormente cuando se tengan los conceptos necesarios para definirlos. 	
Ejemplo	
<p>La imagen de la situación de partida del ejemplo se corresponde con una parte de la ontología que trata el dominio de la geografía. En dicha ontología no tiene sentido añadir los medios de transporte ya que para ello tenemos un módulo dedicado a los servicios comunitarios. Como se puede apreciar observando las clases que hay en la imagen de la situación final, se ha trasladado el subdominio de los medios de transporte a la ontología de servicios comunitarios.</p> <p>En este caso concreto además se realizó una modificación de "Crear y/o reestructurar jerarquías".</p>	
Situación inicial	Situación final
<pre> graph TD LO[LocalizedObject] --> GO[GeographicObject] LO --> LC[LocationChoice] LO --> ME[Mean] ME --> MOT[MeansOfTransport] MOT --> AT[AerialTransport] MOT --> AQ[AquaticTransport] MOT --> BO[Boat] MOT --> BY[Bicycle] MOT --> FO[Foot] MOT --> HO[Horse] MOT --> PL[Plane] MOT --> RV[RoadVehicle] MOT --> SW[Swim] MOT --> TT[TerrestrialTransport] MOT --> TR[Train] </pre>	<pre> graph TD ADI[AreaDelInteres] --> H[Habitacion] ADI --> MDT[MedioDeTransporte] ADI --> P[Producto] ADI --> PS[ProveedorServicio] ADI --> S[Servicio] ADI --> VC[Vcard] MDT --> MDTA[MedioDeTransporteAcuatico] MDT --> MDTAero[MedioDeTransporteAereo] MDT --> MDTT[MedioDeTransporteTerrestre] </pre>
Motivación	
<p>El objetivo de esta modificación es acotar los dominios de cada módulo, de manera que los límites de cada uno estén definidos lo mejor posible. La conexión de unos módulos con otros se realiza entonces en otro módulo. De esta manera conseguimos una mayor cohesión, trasladando así el acoplamiento al módulo encargado de la conexión. Con esta solución también se obtiene mayor grado de reutilización ya que se pueden reutilizar los módulos por separado o ya unidos según las necesidades.</p>	

Tabla 21 Restringir al dominio

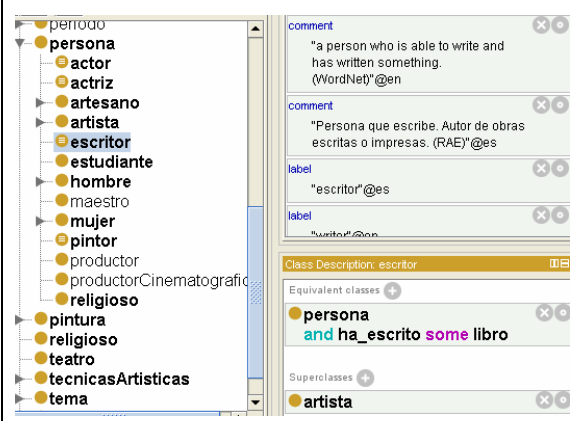
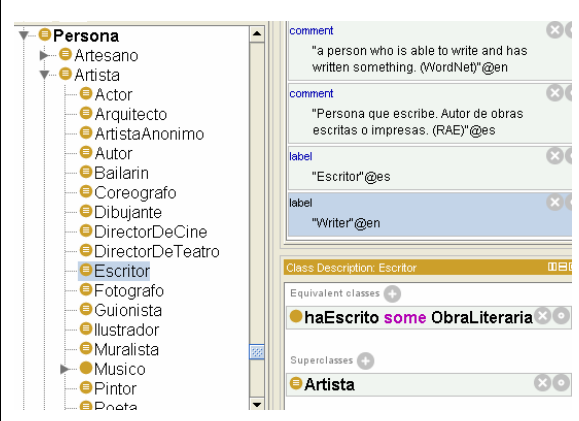
Nombre	Redefinir clases y axiomas		
Nivel	Re-conceptualización		
Descripción			
<p>Esta modificación consiste en transformar los axiomas de la ontología. Estos axiomas pueden estar describiendo una condición necesaria para que un individuo pertenezca a una clase (campo “<i>Superclass</i>” en Protégé) o una condición suficiente y necesaria (campo “<i>Equivalent Classes</i>” en Protégé). Esta modificación se aplica en los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Añadir o modificar condiciones suficientes y necesarias para crear clases definidas. Se pueden crear para convertir una clase primitiva en una definida o modificar la definición de la clase en caso de contener errores.• Añadir o modificar condiciones necesarias para la pertenencia a la clase en cuestión.			
Ejemplo			
<p>En el ejemplo elegido para ilustrar este tipo de modificación se representa una situación en la que la definición de una clase no era correcta dentro del dominio del arte. En esta definición se estaba confundiendo términos, concretamente, se había confundido el concepto “libro” con el concepto “ObraLiteraria” ya que un escritor lo que produce es una obra literaria, es decir, el contenido de un libro, no el objeto libro en si, del cual se encargará una imprenta, por ejemplo. Por esta razón se ha cambiado la definición de escritor de “persona and ha_escrito some libro” por “haEscrito some ObraLiteraria”. Además se ha eliminado la condición de que un escritor tiene que pertenecer a la clase “persona” ya que dicha condición se hereda gracias a la taxonomía generada.</p>			
Situación inicial		Situación final	
			
Motivación			
<p>El objetivo de esta modificación es eliminar errores en las definiciones de superclases y de clases equivalentes que se detectaron durante el análisis de las ontologías. Además, creando clases definidas aumentamos la capacidad de razonamiento de la ontología.</p>			

Tabla 22 Redefinir clases y axiomas

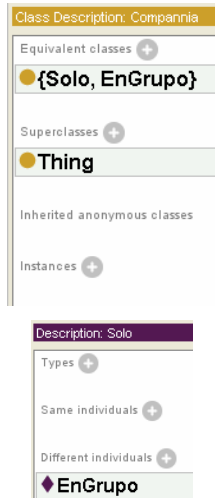

Nombre	Adaptar modelado a patrones de diseño		
Nivel	Re-conceptualización		
Descripción			
<p>Esta modificación consiste en el modelado de una parte de un dominio o un problema de modelización concreto mediante un patrón de diseño ontológico. Esta modificación se aplica en los casos en los que la modelización de un dominio encaje con algún patrón de los disponibles en las librerías de patrones de diseño ontológicos mostradas en la sección 2.3.1.</p>			
Ejemplo			
<p>En la situación de partida del ejemplo, el cual pertenece a la ontología sobre gustos, se tiene una clase “Compannia” enumerada cuyas instancias son disjuntas entre sí pero no están definidas como instancias de la clase “Compannia”.</p> <p>Para adaptar esta modelización al patrón de diseño ontológico “<i>Specified Values: Values as Sets of Individuals</i>” ha sido necesario añadir la relación de pertenencia a una clase, entre las instancias de la enumeración y la clase “Compannia”, que en la situación final se ha renombrado a “PreferenciaCompannia”, como se muestra en la situación final del ejemplo. Se puede apreciar que en la situación inicial no aparecen elementos en el campo “<i>instances</i>” de la clase “Compannia”, en cambio en la situación final aparecen como elementos de la clase las mismas instancias que aparecen como enumeración en el campo “<i>Equivalent classes</i>”. En ambas modelizaciones las instancias están definidas como diferentes entre sí como se puede ver en las imágenes en las que se describe la instancia “solo”.</p>			
Situación inicial		Situación final	
			
Motivación			
<p>El objetivo de este tipo de modificaciones es utilizar los patrones de diseño ontológico en la mayoría de situaciones en las que se adapten al conocimiento que se quiere modelizar. De esta manera se utilizan soluciones de diseño reutilizables. Además, otra ventaja del uso de patrones de diseño ontológico es poder realizar una modelización modular.</p>			

Tabla 23 Adaptar modelado a patrones de diseño

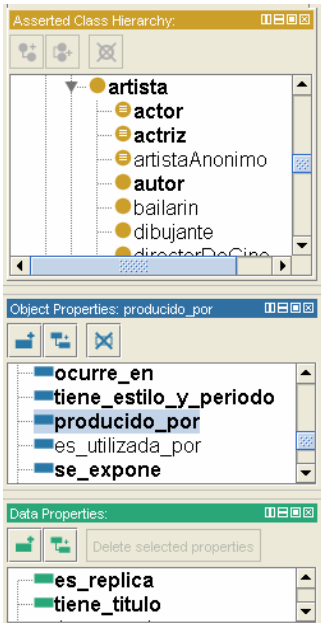
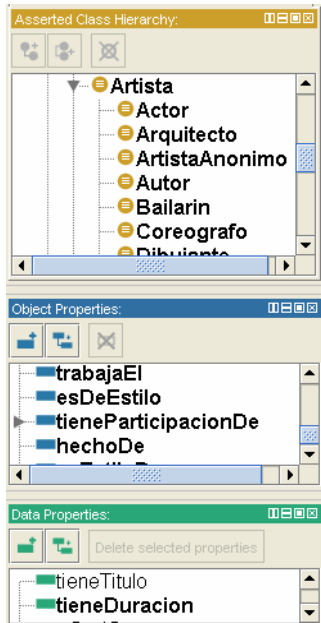
Nombre	Unificar nombrado
Nivel	Re-implementación
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en adaptar los identificadores de los elementos de la ontología al nombrado CamelCase⁴². En el caso de los elementos ontológicos se utiliza el siguiente convenio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clases: la primera letra de cada palabra en mayúscula. • Relaciones, atributos e instancias: la primera letra de la primera palabra en minúscula y las del resto en mayúscula. 	
Ejemplo	
<p>En el ejemplo se muestra una parte de la ontología de arte. En este caso los identificadores de clases, propiedades y atributos no seguían el convenio de nombrado descrito. En la situación final del ejemplo si se sigue dicho convenio como se puede apreciar por ejemplo en el atributo "tieneTitulo" que en la situación inicial tenía el identificador "tiene_titulo".</p>	
Situación inicial	Situación final
	
Motivación	
<p>La motivación principal por la que se han realizado estas modificaciones ha sido el deseo de unificar el nombrado de todos los módulos implicados en la red de ontologías que se ha construido, siguiendo el convenio de nombrado establecido.</p>	
Comentarios	
<p>Además de adaptar el nombrado al convenio se han eliminado los acentos, las diéresis y las letras "ñ" de los identificadores ya que en ocasiones este tipo de caracteres producían errores en el editor de ontologías utilizado.</p>	

Tabla 24 Unificar nombrado

⁴² <http://en.wikipedia.org/wiki/CamelCase>

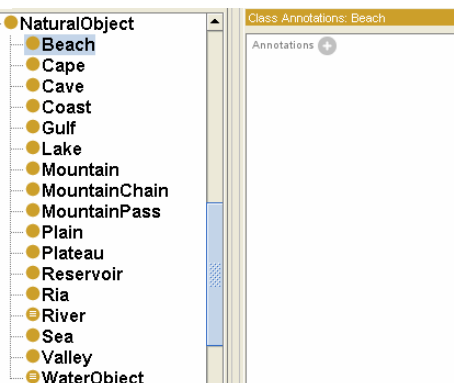
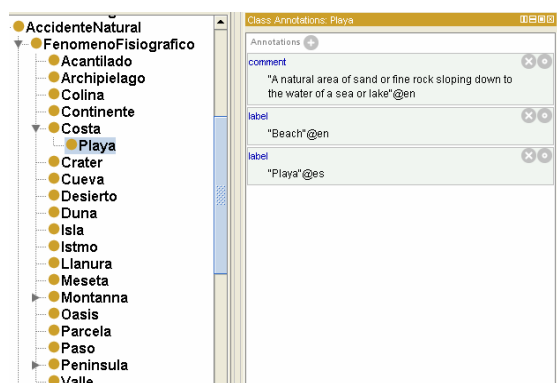
Nombre	Unificar idioma		
Nivel	Re-conceptualización		
Descripción			
Esta modificación consiste en traducir al castellano los términos que aparezcan en el campo “label” y las URIs. Las labels que estuviesen escritas en otros idiomas se han mantenido, en este caso se han añadido los términos en castellano únicamente. Las URIs que estuviesen escritas en otros idiomas se han sustituido por URIs con identificadores escritos en castellano. Para aprovechar la información que se tenía en inglés, los identificadores sustituidos se han añadido como “label” aportando así multilingüalidad a la ontología.			
Ejemplo			
En la situación inicial del ejemplo se muestra una ontología que trata el dominio de la geografía cuyos identificadores de clases están escritos en inglés y carecen de información el campo “label”. En la situación final se observa que los identificadores de la clase están escritos en castellano y además se aportan labels tanto en este idioma como en inglés.			
Situación inicial		Situación final	
			
Motivación			
Esta modificación se ha realizado para cumplir con los requisitos establecidos para la red de ontologías que tratan sobre los idiomas de la misma (sección 5.2.1).			
Comentarios			
Tal y como se mencionó en la sección 5.2.1, esta modificación se ha realizado únicamente sobre las ontologías reutilizadas de entre las desarrolladas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008.			

Tabla 25 Unificar idioma

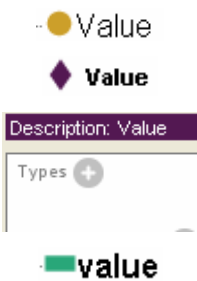

Nombre	Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías
Nivel	Re-implementación
Descripción	
<p>Esta modificación consiste en convertir en OWL-DL una ontología implementada en OWL-Full. Algunas de las modelizaciones que se permiten en OWL-Full pero no en OWL-DL son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elementos distintos (clases, instancias, propiedades o atributos) con la misma URI. • Instancias que no pertenecen a ninguna clase. 	
Ejemplo	
<p>En la situación inicial del ejemplo se puede observar que la clase “Value”, perteneciente a la ontología OGC-GML, tiene el mismo identificador que la instancia “Value”, en ese caso al tener el mismo <i>namespace</i> la clase y la instancia se interpretan como una misma entidad ya que comparten su URI. Además hay un atributo cuyo identificador es “value” y la instancia “Value” no está definida como elemento de ninguna clase.</p> <p>En la situación final se observa como se ha modificado el identificador de la instancia por “_value” para que no coincida con el identificador de la clase ni con el del atributo para evitar así la situación de que dos elementos distintos tengan la misma URI. Además se ha definido la instancia como elemento de la clase “Thing” para evitar la segunda situación descrita en el campo “Descripción” de esta tabla.</p>	
Situación inicial	Situación final
	
Motivación	
<p>La motivación de esta modificación ha sido cumplir con los requisitos establecidos para la red de ontologías que tratan sobre el lenguaje de implementación de la ontología (sección 5.2.3).</p>	
Comentarios	
<p>Esta modificación está relacionada con “Unificar nombrado”.</p> <p>Esta modificación se ha realizado sobre las ontologías “<i>Ontology for Geography Markup Language</i>” y FOAF.</p>	

Tabla 26 Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías

5.5 Reestructuración de recursos ontológicos

Como se ha comentado en la sección 5.4, para llevar a cabo el proceso de creación de la red de ontologías se ha abordado en primer lugar la reutilización y reingeniería de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. Una vez desarrollados los módulos ontológicos u ontologías necesarios se ha realizado la conexión de los mismos creando así la red de ontologías.

En este punto del desarrollo, se ha llevado a cabo la reutilización del resto de ontologías, es decir, las ontologías sobre las que no se han realizado actividades de reingeniería, las correspondientes a los dominios de tiempo, lenguajes y unidades de medidas, y la conexión de todas ellas.

Durante la construcción de la red de ontologías para el Camino de Santiago se han identificado diferentes maneras de realizar las conexiones entre las ontologías o módulos ontológicos que forman la red de ontologías. En la sección 5.5.1 se detallan las guías metodológicas preliminares para la construcción de redes de ontologías identificadas.

A lo largo de la conexión de los módulos ontológicos u ontologías ha sido necesario realizar actividades de reestructuración sobre alguno de los módulos u ontologías en el escenario 8 de la metodología NeOn. La reestructuración de recursos ontológicos se refiere a la actividad de corregir y reorganizar el conocimiento contenido en un modelo conceptual inicial y detectar conocimiento no representado [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b]. Esta actividad se divide en distintos tipos de subactividades como muestra la figura 20. Estas actividades son: modularización, poda y enriquecimiento, que a su vez se divide en: extensión y especialización.

En el proceso de desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago se han realizado tanto actividades de poda como de enriquecimiento sobre algunas de las ontologías involucradas en dicho desarrollo.

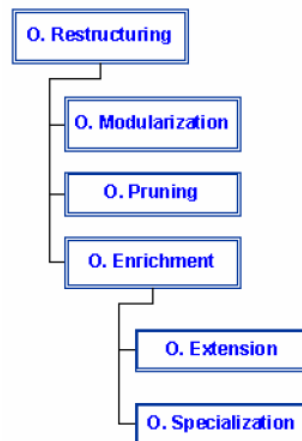


Figura 20 Actividades de reestructuración ontológica [Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b]

5.5.1 Guías metodológicas preliminares para la construcción de redes de ontologías

Durante el proceso de creación de la red de ontologías se ha podido comprobar que existen diferentes formas de conectar las ontologías o módulos ontológicos y que pueden surgir numerosas dudas a la hora de decidir por ejemplo, en qué momento realizar la conexión de dos módulos. Para facilitar este tipo de decisiones, se ha desarrollado una propuesta de guías metodológicas.

Con objeto de facilitar la comprensión de las guías se han creado dos grandes grupos de guías metodológicas preliminares según la naturaleza de la relación que exista entre las ontologías o los módulos ontológicos que queremos relacionar en la red. Estos grupos se caracterizan por:

- En el primer grupo se presentan las pautas propuestas para los casos en los que la relación que une los módulos es una relación ad-hoc o de “subclaseDe” entre conceptos que están representados en distintos módulos.
- El segundo grupo recoge los casos que se pueden dar cuando se tienen conceptos repetidos o equivalentes en varios de los módulos.

En esta sección se detallan todas y cada una de estas situaciones que se pueden dar al realizar conexiones de ontologías utilizando para ello el formato de la “Plantilla para describir tipos de conexiones de ontologías”, cuyo contenido se describe en la tabla 27.

Nombre	Nombre representativo del tipo de conexión de ontologías.
Caso de uso	
General	Descripción general del tipo de conexión de ontologías que se propone, incluyendo las posibles situaciones en las que se puede llevar a cabo.
Ejemplo	Descripción de un ejemplo representativo de la conexión de ontologías realizada referente a una de las posibles situaciones en las que se puede llevar a cabo.
Gráfico	
General	<p>Representación gráfica de la conexión de ontologías. Las imágenes utilizadas para representar las ontologías son las siguientes:</p> <div data-bbox="427 969 625 1142"> </div> <p>Esta imagen se utiliza para representar cualquier tipo de ontología</p> <div data-bbox="414 1176 635 1366"> </div> <p>Esta imagen se utiliza para representar una ontología que se está desarrollando.</p> <div data-bbox="411 1400 660 1612"> </div> <p>Esta imagen se utiliza para representar una ontología que se está reutilizando.</p> <div data-bbox="411 1664 466 1720"> </div> <p>Esta imagen se utiliza para representar la relación de equivalencia entre conceptos.</p> <p>En los casos en los que se muestra una ontología dentro de otra se representa que la ontología interior es importada por la exterior.</p>
Ejemplo	Representación gráfica mediante capturas de pantalla de Protégé del ejemplo.
Motivación	
Descripción de los motivos y beneficios por los cuales se ha decidido realizar este tipo de conexión de ontologías.	
Comentarios	

Posibles comentarios sobre el ejemplo o la conexión de ontologías realizada. Este campo es opcional.

Tabla 27 Plantilla para describir tipos de conexiones de ontologías

a) Relación ad-hoc o “subclaseDe” entre módulos u ontologías: Cuando tenemos una relación ad-hoc o una relación de “subclaseDe” entre conceptos de distintas ontologías tenemos que decidir en qué momento y en qué módulo definir la relación. Según el tipo de relación y el dominio de los distintos módulos será más conveniente importar una de las ontologías en la otra para crear la relación o importar las dos en una tercera ontología de carácter más general y en ésta última definir la relación. La figura 21 refleja de forma gráfica la situación de la que partimos en este caso, esto es, tenemos dos ontologías y una relación en la que intervienen conceptos de ambas ontologías.

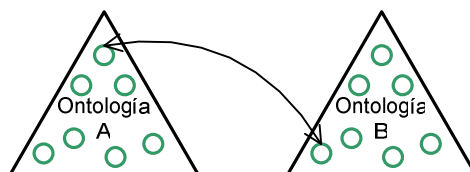


Figura 21 Relación entre conceptos de distintas ontologías.

Ante la situación descrita proponemos las siguientes posibles soluciones:

1. Relación subordinada (tabla 28)
2. Relación al mismo nivel de generalidad (tabla 29)

Nombre	Relación subordinada
Caso de uso	
General	<p>Se propone este tipo de conexión de ontologías en los casos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una de las ontologías representa un subdominio de la otra. • La relación que une los conceptos de las distintas ontologías de “subclaseDe”. <p>En cualquiera de estos dos casos podemos identificar una ontología como “<i>específica</i>”, que será la que contenga la clase hija si se trata de una relación subclaseDe, o la que trate el dominio más concreto si se trata de una relación ad-hoc. La otra ontología será la “<i>general</i>”.</p> <p>Una vez que se ha identificado qué ontología es la específica y cuál la general, la primera es importada desde la segunda.</p> <p>Cuando ya tenemos todos los conceptos necesarios en la misma ontología, puesto que los hemos importado, podemos establecer la relación ad-hoc definiendo el dominio y el rango o la relación de “subclaseDe”.</p>
Ejemplo	<p>Si desarrollamos una ontología sobre arte podemos tener un módulo dedicado a las disciplinas artísticas, otro a los estilos, a los materiales, etc. En un nivel superior tendríamos la ontología de “Arte” que importaría todos los módulos que tratan cada uno de los subdominios en los que podemos dividir el arte. En este contexto tenemos que representar que las obras de arte pertenecen a una disciplina. El concepto “ObraDeArte” pertenece a la ontología de arte. Por otra parte el concepto “DisciplinaArtística” pertenece a la ontología que trata las disciplinas artísticas y que tenemos implementada en otro módulo. La ontología de arte es más general que la de disciplinas artísticas por lo que será en la que se realizará la importación del otro módulo. Una vez importado creamos la relación “perteneceADisciplina” que tiene dominio “ObraDeArte” y rango “DisciplinaArtística”.</p>
Gráfico	

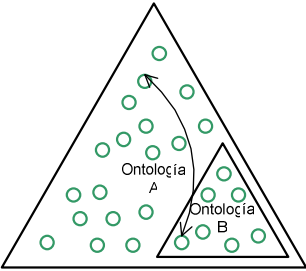
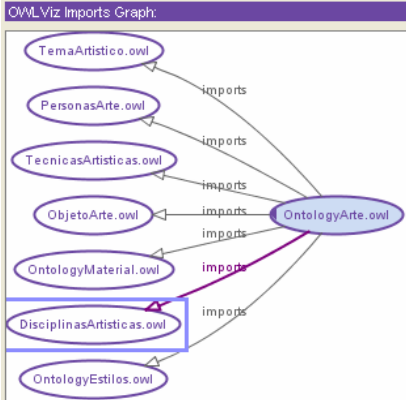
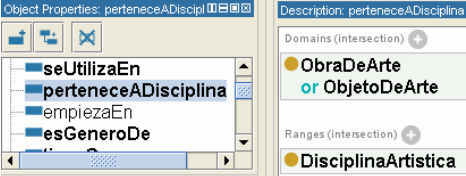
Gráfico	
General	
Ejemplo	<div><p>La siguiente información se define en la ontología de arte en lugar de en la ontología de disciplinas artísticas.</p></div>
Motivación	
<p>Con esta solución evitamos tener duplicidad de relaciones en varios módulos ontológicos, por lo que no es necesario hacer equivalencia entre relaciones, ni tener en cuenta qué dominios y qué rangos se definen en cada módulo ya que los definimos todos al final una única vez.</p>	
Comentarios	
<p>Para reflejar un posible uso de este tipo de conexión de ontologías en el caso de que la relación entre los conceptos sea de “subclaseDe” se plantea el ejemplo que se expone a continuación:</p> <p>Podemos realizar una ontología de arte y tener un módulo que trate sobre la arquitectura artística en concreto. En este caso podemos importar el módulo de arquitectura en la ontología de arte y crear la relación de “subclaseDe” entre las obras arquitectónicas y las obras de arte.</p>	

Tabla 28 Relación subordinada

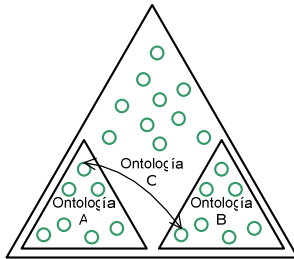
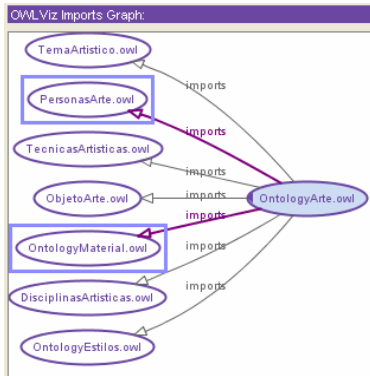
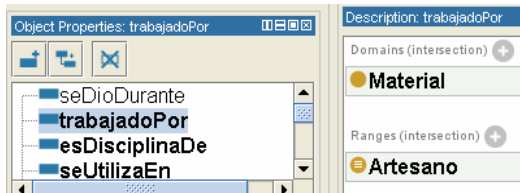
Nombre	Relación al mismo nivel de generalidad
Caso de uso	
General	<p>Se propone este tipo de conexión de ontologías en el caso de que exista una relación ad-hoc entre conceptos de dichas ontologías y ninguna de las ontologías sea más específica o general que la otra, es decir, que ambas estén al mismo nivel de detalle.</p> <p>En este caso se puede crear una tercera ontología que importe a las ontologías entre las que existe la relación. En esta nueva ontología se crea la relación entre los módulos importados, definiendo las características necesarias como rango, dominio, relaciones inversas, etc.</p>
Ejemplo	<p>Si desarrollamos una ontología sobre arte podemos tener un módulo dedicado a las personas relacionadas con el arte, otro a los estilos, otro a los materiales, etc. En un nivel superior tendríamos la ontología de "Arte" que importaría todos los módulos que tratan cada uno de los subdominios en los que podemos dividir el arte. En este contexto tenemos que representar que un material es trabajado por un artesano. Para ello tendremos un módulo que trate los materiales que se utilizan para crear obras de arte y otro módulo que clasifique a las personas según la relación que tengan con las obras de arte, como puede ser escritor, productor, artesano, etc. Una vez creados los dos módulos se importan en la ontología general, la de "Arte", y en ésta se define la relación "trabajadoPor" cuyo dominio es el concepto "Material" y el rango es el concepto "Artesano".</p>
Gráfico	
General	
Ejemplo	 <p>La siguiente información se define en la ontología de arte en lugar de definirse en la de personas o en la de materiales.</p> 
Motivación	
<p>Con esta solución evitamos tener duplicidad de relaciones en varios módulos ontológicos, por lo que no es necesario hacer equivalencia entre relaciones, ni tener en cuenta qué dominios y qué rangos se definen en cada módulo ya que los definimos todos al final una única vez.</p>	

Tabla 29 Relación al mismo nivel de generalidad

b) Conceptos equivalentes: Cuando se está desarrollando una red de ontologías es muy probable que un concepto se encuentre representado en varios módulos de la red. Esto nos lleva a tener que definir como equivalentes todas las apariciones del concepto en la red de ontologías.

La figura 22 refleja de forma gráfica la situación de la que partimos en este caso, esto es, tenemos dos ontologías y una relación de equivalencia entre conceptos de ambas ontologías.

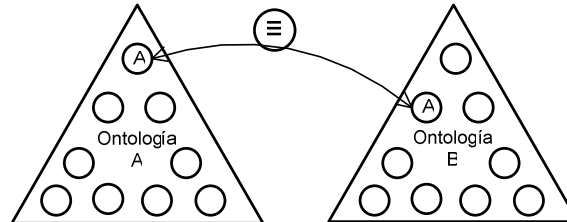


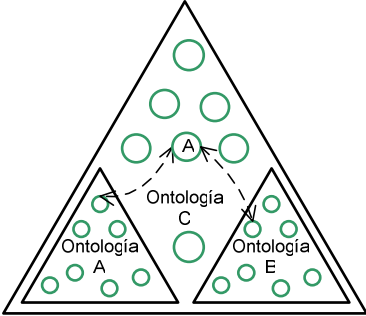
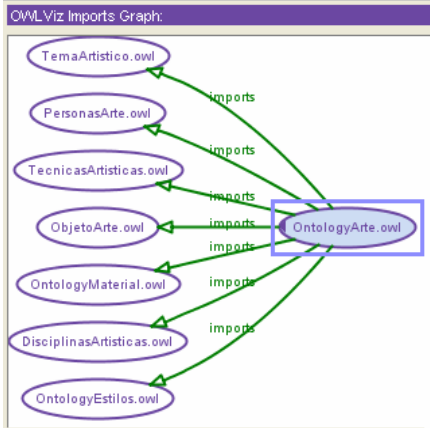
Figura 22 Equivalencia entre conceptos de distintas ontologías.

Esta situación puede surgir debido a que tengamos una ontología para desarrollar tan compleja que se haya decidido dividirla en varios módulos, creando o reutilizando una ontología para cada uno de ellos.

Para resolver esta situación proponemos las siguientes posibles soluciones:

1. Relación equivalencia - 01 (tabla 30)
2. Relación equivalencia - 02 (tabla 31)
3. Relación equivalencia - 03 (tabla 32)

Es importante resaltar que durante esta sección se ha considerado que las ontologías reutilizadas para la creación de la red de ontologías son únicamente las que se han encontrado en los repositorios de ontologías y en la web, es decir, las referentes a personas, gml, tiempo, unidades de medida y lenguajes. Las ontologías procedentes de las prácticas desarrolladas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 no se consideran como ontologías reutilizadas en esta sección ya que son las que se han desarrollado ad-hoc para la aplicación sobre el Camino de Santiago.

Nombre	Relación equivalencia - 01
Caso de uso	
General	<p>Se propone este tipo de conexión de ontologías en el caso de que exista una relación de equivalencia entre conceptos de ontologías que estamos desarrollando, es decir, no reutilizamos ninguna de ellas.</p> <p>En esta situación proponemos definir el concepto y todas sus relaciones en la ontología general que importa los demás módulos.</p>
Ejemplo	<p>Si dividimos una ontología de arte en distintos módulos dedicados a las técnicas artísticas, a las personas relacionadas con el arte, a los diferentes estilos artísticos, etc. Luego vamos a tener que representar que una obra de arte fue realizada con una técnica, por un determinado artista, siguiendo un estilo, etc. En este contexto podemos ver que la obra de arte pertenece a todos los subdominios pero está poco relacionada con los demás conceptos, por lo que la opción más recomendable es crear el concepto "ObraDeArte" en la ontología que va a realizar la conexión entre todos los módulos y en esa ontología establecer las relaciones con todos los demás conceptos.</p>
Gráfico	
General	
Ejemplo	 <p>La siguiente información se define en la ontología de arte en lugar de en alguna de las importadas en dicha ontología.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: 30%;"> <p>Description: hechoConTecnica</p> <p>Domains (intersection) +</p> <p>● ObraDeArte or ObjetoDeArte</p> <p>Ranges (intersection) +</p> <p>● TecnicaArtistica</p> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: 30%;"> <p>Description: tieneAutor</p> <p>Domains (intersection) +</p> <p>● ObraDeArte</p> <p>Ranges (intersection) +</p> <p>● Artista</p> </div> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: 30%;"> <p>Description: esDeEstilo</p> <p>Domains (intersection) +</p> <p>● ObraDeArte or ObjetoDeArte</p> <p>Ranges (intersection) +</p> <p>● Estilo</p> </div> </div>
Motivación	
<p>Esta manera de realizar las conexiones entre las ontologías y definir los conceptos repetidos minimiza el número de veces que definimos cada concepto y el número de equivalencias que hay que hacer cuando se realicen las conexiones entre todos los módulos.</p>	

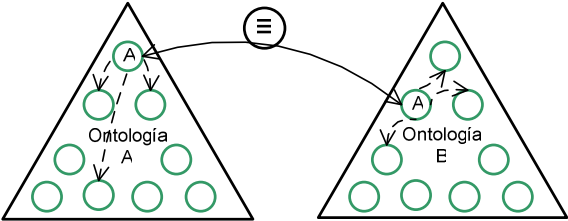
Comentarios
<p>La solución propuesta es aconsejable cuando el concepto repetido no está muy relacionado con los demás conceptos dentro de cada subdominio.</p> <p>Si por el contrario el concepto tiene muchas relaciones con otros conceptos dentro de cada dominio del que forma parte se propone definir el concepto en cada uno de los módulos de los que forma parte y después definir como equivalentes todas sus apariciones en la ontología general como se indica en el siguiente gráfico:</p> 

Tabla 30 Relación equivalencia - 01

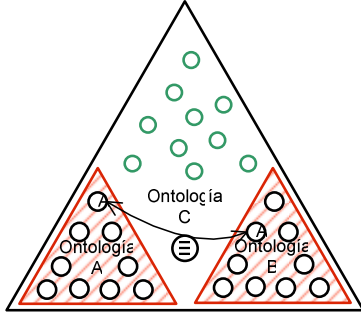
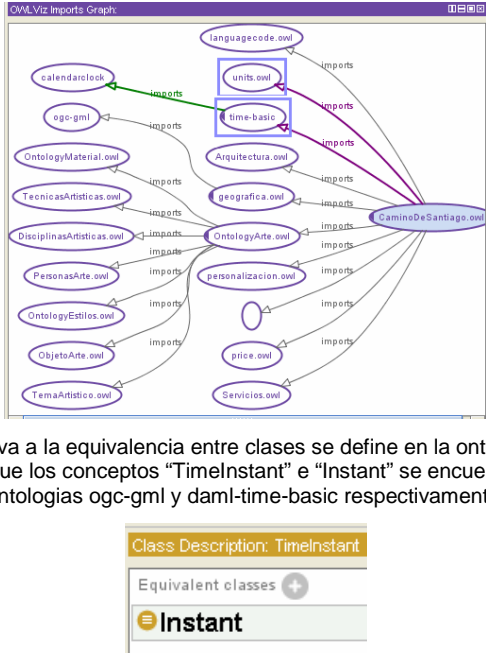
Nombre	Relación equivalencia - 02
Caso de uso	
General	<p>Se propone este tipo de conexión de ontologías en el caso de que exista una relación de equivalencia entre conceptos de ontologías que se están reutilizando.</p> <p>En esta situación proponemos importar las dos ontologías que se están reutilizando desde otra más general y en esta nueva ontología establecer las relaciones de equivalencia necesarias con el fin de modificar lo menos posible las ontologías desarrolladas por otras personas.</p>
Ejemplo	<p>Por ejemplo podemos reutilizar la ontología ogc-gml y la daml-time-basic para representar conceptos de geografía y de tiempo respectivamente. La ontología ogc-gml no sólo contiene conceptos relacionados con la geografía sino que también representa conceptos relacionados con el dominio de tiempo. Por este motivo en ambas ontologías aparecen conceptos relacionados con el tiempo, intervalos temporales, instantes de tiempo, etc. Para realizar la equivalencias entre las clases se realiza la importación de las dos ontologías en la ontología más general que queremos desarrollar, después se analizan las clases y por último, se establecen equivalencias entre las clases que representen los mismos conceptos.</p>
Gráfico	
General	
Ejemplo	 <p>La información relativa a la equivalencia entre clases se define en la ontología del Camino de Santiago, mientras que los conceptos "TimeInstant" e "Instant" se encuentran definidos en las ontologías ogc-gml y daml-time-basic respectivamente.</p>
Motivación	
<p>En este caso es conveniente conservar todas las apariciones del concepto repetido en cada una de las ontologías ya que pueden estar definidos en cada ontología en base a otros conceptos o pueden estar siendo utilizados en axiomas. Por este motivo si se elimina la clase repetida se puede perder expresividad, capacidad de razonamiento, conocimiento asociado al concepto, etc.</p>	

Tabla 31 Relación equivalencia - 02

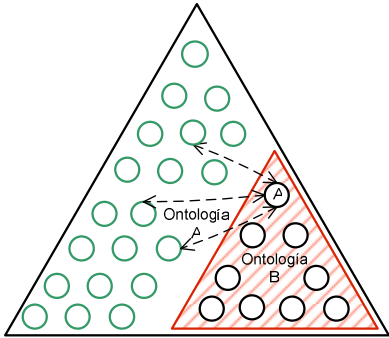

Nombre	Relación equivalencia - 03
Caso de uso	
General	<p>Se propone este tipo de conexión de ontologías en el caso de que se vaya a reutilizar una ontología que tenga algún concepto equivalente a otro concepto de los módulos que se estén desarrollando.</p> <p>En este caso proponemos no crear el concepto en el módulo que se está desarrollando si no importar lo antes posible la ontología que lo contiene.</p>
Ejemplo	<p>Si queremos representar que un fenómeno geográfico tiene su localización en un determinado punto geográfico una posible solución es reutilizar la ontología ogc-gml para representar las coordenadas. Una vez importada la ontología ogc-gml en nuestra ontología de geografía podemos relacionar los fenómenos geográficos con el concepto "Point" de la ontología geográfica.</p>
Gráfico	
General	
Ejemplo	 <p>La información sobre el concepto "Fenómeno" y la relación "localizadoEn" se define en la ontología geográfica. El concepto "Point" se encuentra definido en la ontología ogc-gml.</p> <div data-bbox="630 1209 1136 1350"> <div> <p>Class Description: Fenomeno</p> <p>Superclasses +</p> <p>● localizadoEn some Point</p> <p>● name min 0 Thing</p> </div> <div> <p>Description: localizadoEn</p> <p>Domains (intersection) +</p> <p>Ranges (intersection) +</p> <p>● Point</p> </div> </div>
Motivación	
<p>El objetivo de este tipo de solución es evitar el exceso de repeticiones de un mismo concepto y de relaciones de equivalencia entre ellas. Esta solución es más limpia que crear de nuevo el concepto, añadir el conocimiento relativo al mismo, después importar la ontología que se va a reutilizar y por último establecer la relación de equivalencia entre los conceptos.</p>	

Tabla 32 Relación equivalencia - 03

5.6 Reutilización de patrones de diseño ontológico

De manera similar a los patrones de diseño de Ingeniería del Software están surgiendo en el campo de la Ingeniería Ontológica una serie de soluciones genéricas y buenas prácticas que pretenden ayudar a los desarrolladores de ontologías en el modelado de problemas de diseño conocidos. Durante el desarrollo de la red de ontologías se han reutilizado algunos de estos patrones de diseño ontológico en el escenario 7 de la metodología NeOn.

Como se ha comentado en la sección 2.3 existen diferentes tipos de patrones de diseño ontológico. En el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago se han reutilizado patrones lógicos, arquitecturales y de contenido.

Entre los patrones lógicos disponibles en las distintas librerías se han reutilizado los siguientes:

- **Clase primitiva:** expresa que los elementos que pertenezcan a un grupo en concreto deben satisfacer un conjunto de condiciones necesarias.
- **Clase definida:** expresa que los elementos que satisfacen un conjunto dado de condiciones pertenecen a un grupo en concreto. Es decir, si un individuo satisface las condiciones dadas, entonces es miembro del grupo en cuestión. Estas condiciones son por tanto condiciones suficientes y necesarias.
- **Relación de SubClaseDe:** expresa que los individuos que pertenecen a un conjunto dado, pertenecen también a un conjunto más general.
- **Multiherencia entre clases:** expresa que los individuos que pertenecen a un grupo dado, también pueden pertenecer a varios grupos más generales.
- **Relación de equivalencia entre clases:** expresa que dos conjuntos contienen exactamente la misma colección de elementos.
- **Propiedad:** expresa que los elementos de un conjunto tienen alguna relación con los elementos de otro conjunto. El conjunto origen y el destino de la relación puede ser el mismo.
- **Relación de SubPropiedadDe:** expresa que una relación entre dos individuos especializa otra relación más general entre dichos individuos.
- **Atributo:** expresa que los elementos de un conjunto tienen alguna relación con los elementos de los tipos: *literal*, *values*, etc.
- **Restricción existencial:** expresa que un conjunto de elementos tiene al menos una relación con elementos de un conjunto dado.
- **Restricción universal:** expresa que un conjunto de elementos únicamente tienen relaciones con elementos de un conjunto dado.
- **Relación UniónDe:** expresa que un grupo esta formado por la unión de los elementos de uno o más conjuntos.
- **Instancia:** representa elementos que pertenecen a un conjunto dado.
- **Clases disjuntas:** expresa que un elemento que pertenece a un conjunto no puede pertenecer a otro conjunto. Es decir, que los dos conjuntos son disjuntos.
- **Partición exhaustiva:** expresa que un conjunto es la unión de algunos conjuntos más específicos, los cuales son disjuntos entre sí.
- **Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación):** expresa que una relación necesita argumentos. También puede darse el caso de que dos relaciones

binarias siempre aparezcan juntas y deban representarse como una relación n-aria. Por último, también puede representar relaciones entre más de dos elementos.

- **Modelado de valores concretos (valores como conjuntos de instancias):** expresa que una clase tiene características descriptivas.

De los patrones arquitecturales propuestos se han reutilizado los siguientes:

- **Taxonomía:** representa una categorización o clasificación de la información.
- **Ontología Ligera:** expresa clases disjuntas en una taxonomía y relaciones entre objetos de distintos tipos.
- **Arquitectura modular:** representa el diseño de una ontología como un conjunto de módulos que cubre un dominio de conocimiento amplio y complejo.

Por último, los patrones de contenido reutilizados han sido:

- **Relación simple Parte-Todo (modelando una jerarquía de clases Parte-Todo):** expresa que algunos componentes forman parte de un conjunto global.
- **Componente:** expresa que un objeto puede ser un compendio de otros objetos.
- **Precio:** expresa el precio de una entidad en una determinada moneda.

En esta sección se muestran ejemplos de reutilización de patrones de diseño ontológico en la red de ontologías para el Camino de Santiago. Estos ejemplos cubren la mayoría de los patrones mencionados. Para describir la reutilización de los patrones en los ejemplos se ha utilizado el formato de la “Plantilla para describir la reutilización de patrones de diseño ontológico”, cuyo contenido se describe en la tabla 33.

Nombre	Nombre del patrón de diseño ontológico reutilizado		
Origen	Librería de la que se ha extraído el patrón de diseño ontológico.	Identificador	Identificador en el repositorio de origen.
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Representación gráfica de la solución general, teniendo en cuenta el perfil UML propuesto en [Brockmans & Haase, 2006]. Esta representación gráfica es la propuesta en el repositorio origen del que se ha extraído el patrón.		Representación gráfica de un ejemplo representativo del patrón que se está reutilizando teniendo en cuenta el perfil UML propuesto en [Brockmans & Haase, 2006].	
Descripción del ejemplo			
Descripción de un ejemplo representativo del patrón que se está reutilizando.			
Comentarios			
Posibles comentarios sobre el ejemplo o el patrón utilizado. Este campo es opcional.			

Tabla 33 Plantilla para describir la reutilización de patrones de diseño ontológico

Los ejemplos de patrones reutilizados agrupados por tipo de patrón al que pertenecen (lógicos, arquitecturales o de contenido) son los siguientes:

- **Patrones lógicos:**

- Clase Definida (tabla 34)
- Multiherencia entre clases (tabla 35)
- Relación de equivalencia entre clases (tabla 36)
- Relación UniónDe (tabla 37)
- Clases disjuntas (tabla 38)
- Partición exhaustiva (tabla 39)
- Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación) (tabla 40)
- Modelado de valores concretos (valores como conjuntos de instancias) (tabla 41)

- **Patrones arquitecturales:**

- Taxonomía (tabla 42)
- Arquitectura modular (tabla 43)

- **Patrones de contenido:** existen diferentes maneras de reutilizar los patrones de contenido, entre ellas las expuestas en la sección 2.3.2. En el caso de los patrones reutilizados en la red de ontologías para el Camino de Santiago se ha llevado a cabo la reutilización propuesta en [Presutti & Gangemi, 2008] para la concordancia “*Concordancia más general*” en el caso del CP “Price”. Para llevar a cabo el resto de reutilizaciones de CPs se ha realizado una implementación del patrón en la nueva ontología, adaptando la modelización propuesta en el patrón reutilizado al dominio concreto que se pretendía modelizar. Los patrones de contenido reutilizados son los siguientes:

- Relación simple Parte-Todo (modelando una jerarquía de clases Parte-Todo) (tabla 44)
- Componente (tabla 45)
- Precio (tabla 46)

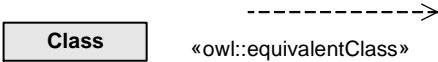
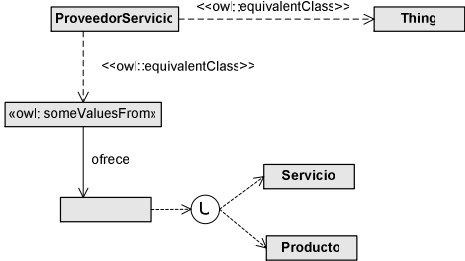
Nombre	Clase Definida		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-DC-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
En el ejemplo se define la clase “ProveedorServicio”, perteneciente a la ontología sobre servicios comunitarios, como una clase equivalente al conjunto de instancias que ofrecen algún “Producto” o “Servicio”.			

Tabla 34 Clase Definida

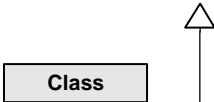
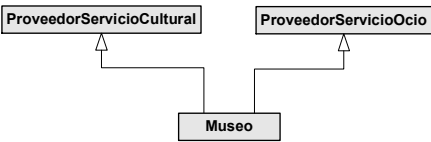
Nombre	Multiherencia entre clases		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-MI-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
En el ejemplo propuesto, extraído de la ontología sobre servicios comunitarios, se representa un caso de multiherencia ya que la clase “Museo” es subclase tanto de “ProveedorServicioCultural” como de “ProveedorServicioOcio”.			

Tabla 35 Multiherencia entre clases

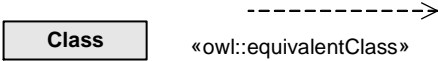
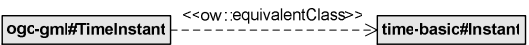
Nombre	Relación de equivalencia entre clases		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-EQ-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
Este ejemplo, extraído de la ontología sobre el Camino de Santiago, muestra que la clase “ <i>TimeInterval</i> ” procedente de la ontología “ogc-gml” es equivalente al concepto “ <i>Interval</i> ” procedente de la ontología “time-basic”			

Tabla 36 Relación de equivalencia entre clases

Nombre	Relación UniónDe		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-UO-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
<div><div>Class</div><div>-----></div><div>«owl::unionOf»</div></div>		<div><div>MedioDeTransporte</div><div>↓</div><div>L</div><div>↙ ↓ ↘</div><div>MedioDeTransporteAcuatico</div><div>MedioDeTransporteAereo</div><div>MedioDeTransporteTerrestre</div></div>	
Descripción del ejemplo			
Este ejemplo, extraído de la ontología sobre servicios comunitarios, representa que la clase “MedioDeTransporte” está formada por la unión de las clases “MedioDeTransporteAcuatico”, “MedioDeTransporteAereo” y “MedioDeTransporteTerrestre”.			

Tabla 37 Relación UniónDe

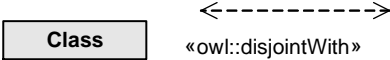
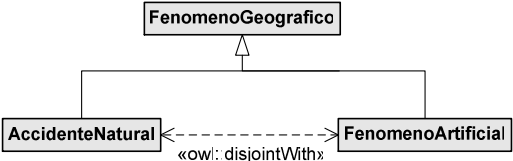
Nombre	Clases disjuntas		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-Di-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
En el ejemplo propuesto, correspondiente a una parte del dominio de la ontología sobre geografía, se establecen las clases “AccidenteNatural” y “FenomenoArtificial”, ambas subclases de “FenomenoGeografico”, como disjuntas, esto es no puede haber una instancia en la ontología que pertenezca a las dos clases a la vez.			

Tabla 38 Clases disjuntas

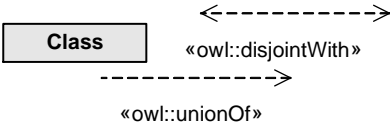
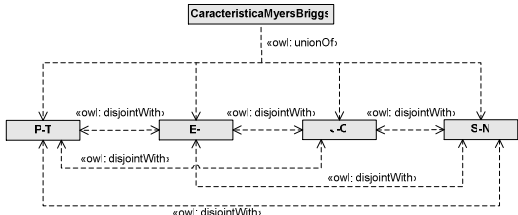
Nombre	Partición exhaustiva		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-EC-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
<p>En el ejemplo propuesto, extraído de la ontología sobre gustos, se puede ver que la clase “CaracteristicaMyersBriggs” está formada por la unión de las clases “P-T” (Pensando - Sintiendo), “E-I” (Extroversión - Introversión), “J-C” (Juzgando - Percibiendo) y “S-N” (Sentidos - Intuición), que además son disjuntas entre sí. Esta modelización se conoce como partición exhaustiva y consiste en que todos los individuos que pertenezcan a la clase “CaracteristicaMyersBriggs” deben pertenecer a una (y sólo a una) de las clases “P-T”, “E-I”, “J-C” o “S-N”.</p>			

Tabla 39 Partición exhaustiva

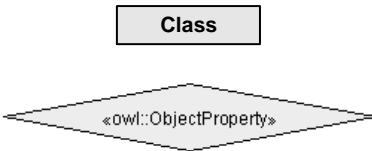
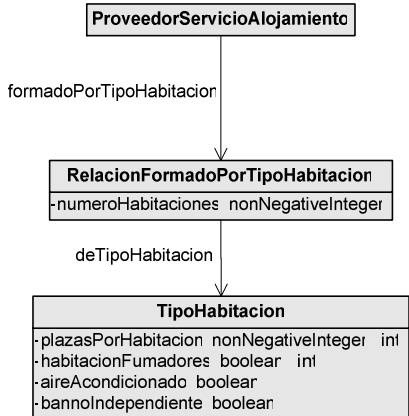
Nombre	Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación)		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-NR-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
En el ejemplo propuesto, extraído de la ontología sobre servicios comunitarios, se ha modelado el conocimiento relativo a que un proveedor de servicios de alojamiento tiene tipos de habitaciones según el número de ocupantes que admitan, además tiene distinto número de habitaciones por cada tipo de habitación. Este tipo de relación es n-aria ya que el número de habitaciones por cada tipo de habitación es un atributo de la relación “formadoPorTipoHabitacion”. Como no es posible modelizar relaciones con atributos en OWL, éste pasa a formar parte de la clase “RelacionFormadoPorTipoHabitacion”.			

Tabla 40 Relación N-aria (introduciendo una nueva clase para la relación)

Nombre	Modelado de valores concretos (valores como conjuntos de instancias)		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	LP-SV-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Descripción del ejemplo			
<p>En el ejemplo, que pertenece a la ontología sobre gustos, se representa que los individuos de la clase “Persona” o de la clase “Personalidad” pueden tener asociado un valor de la característica J-C mediante la relación “tieneCaracteristicaJ-C” cuyo rango es la clase “J-C”. Esta clase “J-C” es una clase enumerada que está formada por dos instancias distintas entre sí llamadas “juzgando” y “percibiendo”. Por lo tanto los valores que puede tomar la relación “tieneCaracteristicaJ-C” son “juzgando” y “percibiendo”.</p>			

Tabla 41 Modelado de valores concretos (valores como conjuntos de instancias)

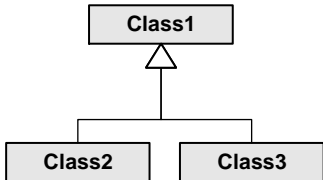
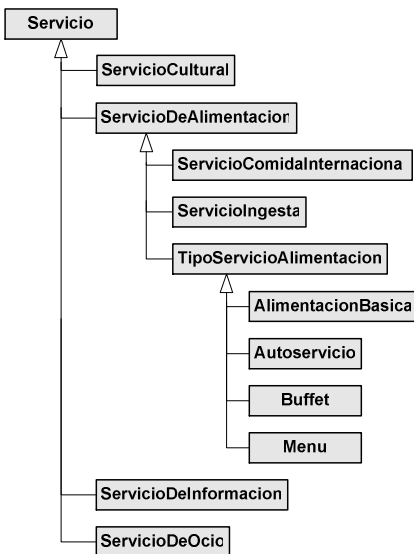
Nombre	Taxonomía		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	AP-TX-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
			
Descripción del ejemplo			
En este ejemplo se muestra una pequeña parte de una clasificación jerárquica de los servicios comunitarios que puede ofrecer un proveedor a lo largo del Camino de Santiago.			

Tabla 42 Taxonomía

Nombre	Arquitectura modular		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	AP-MD-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Descripción del ejemplo			
<p>En este ejemplo se puede observar las ontologías o módulos ontológicos importados, directa o indirectamente, en la ontología del Camino de Santiago. Por ejemplo, la ontología del Camino de Santiago importa directamente la ontología FOAF, en cambio, importa indirectamente el módulo ontológico “Estilos” a través de la ontología de “Arte”.</p>			

Tabla 43 Arquitectura modular

Nombre	Relación simple Parte-Todo (modelando una jerarquía de clases Parte-Todo)		
Origen	[Suárez-Figueroa <i>et al.</i> , 2007a]	Identificador	CP-PW-02
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Descripción del ejemplo			
<p>En este ejemplo, extraído de la ontología sobre geografía, se modela que un "Pais" está formado geopolíticamente y de manera directa por individuos de la clase "ComunidadAutonoma", que a su vez está formada geopolíticamente y de manera directa por individuos de la clase "Provincia". Se representa que los individuos de una clase están formados geopolíticamente y de manera directa por individuos de otra clase mediante la relación "hasGeoDirect" que es una subclase de la relación "hasGeo", la cual representa que los individuos de una clase están formados geopolíticamente por individuos de otra clase. Ambas relaciones son inversas de "isPartOfGeoDirect" e "isPartOfGeo" respectivamente.</p>			

Tabla 44 Relación simple Parte-Todo (modelando una jerarquía de clases Parte-Todo)

Nombre	Componente		
Origen	[Presutti <i>et al.</i> , 2008]	Identificador	CP-COM-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Descripción del ejemplo			
<p>En este ejemplo, extraído de la ontología que trata el dominio de la arquitectura, se modela mediante el patrón “Componente” el siguiente conocimiento sobre los elementos arquitectónicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los elementos arquitectónicos están compuestos sólo por elementos arquitectónicos. Los elementos arquitectónicos componen tanto elementos arquitectónicos como construcciones. Las construcciones arquitectónicas están compuestas tanto por elementos arquitectónicos como por otras construcciones. Las construcciones arquitectónicas componen sólo otras construcciones. 			

Tabla 45 Componente

Nombre	Precio		
Origen	[Presutti <i>et al.</i> , 2008]	Identificador	CP-Pr-01
Diagrama para la solución general		Ejemplo gráfico	
Descripción del ejemplo			
<p>En este ejemplo, extraído de la ontología sobre el Camino de Santiago, se muestra una especialización del patrón “Price” para especificar el precio del menú del día en bares, restaurantes y casa de comidas.</p>			
Comentarios			
<p>Esta especialización se ha realizado en otros casos además del representado en el ejemplo.</p>			

Tabla 46 Precio

5.7 Localización de ontologías

Como se estableció en la especificación de requisitos de la red de ontologías para el Camino de Santiago, en la sección 5.2.1, la red debe estar disponible en castellano, gallego e inglés, aunque en el contexto de este proyecto final de carrera únicamente se consideraba el castellano como requisito.

En el caso de las ontologías sobre arquitectura y geografía, procedentes de las prácticas de la asignatura de máster "Ontologías y Web Semántica" del curso 2007-2008, ha sido necesario añadir la información representada en castellano ya que dichas ontologías se encontraban disponibles en inglés. No se ha eliminado la información en inglés, si no que se ha añadido el castellano aportando así multigüalidat a la ontología y realizando por tanto por el escenario 9 de los propuestos en la metodología NeOn (figura 5).

5.8 Red de ontologías para el Camino de Santiago

Mediante la combinación de los escenarios 1, 3, 4, 7 y 8 propuestos en la metodología NeOn se ha obtenido la red de ontologías que se muestra en la figura 23. En esta figura se muestran las ontologías necesarias para desarrollar la red y las relaciones entre las mismas. Además se expone debajo de cada ontología las fuentes que se han reutilizado para desarrollarlas, excepto en las ontologías de gustos, servicios, arte, arquitectura y geografía que, como se ha comentado en la sección 5.4, son las procedentes de la asignatura de máster "Ontologías y Web Semántica" del curso 2007-2008.

Como se puede observar en la figura 23 para la construcción de la red de ontologías se han reutilizado únicamente recursos ontológicos, ya sean ontologías o patrones, aunque como en el caso de la ontología de lenguajes estos recursos ontológicos se hayan desarrollado a partir de otros no ontológicos como son los estándares ISO que se señalan en la figura 23.

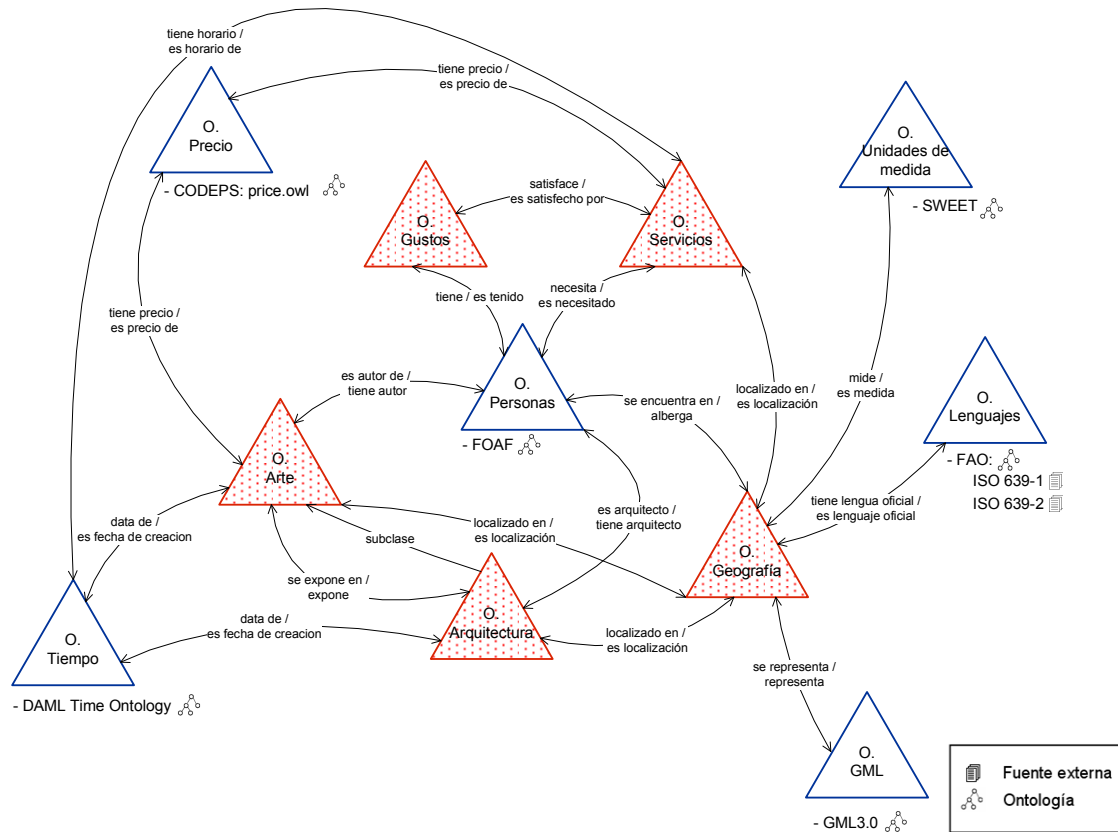


Figura 23 Modelo conceptual de alto nivel con fuentes de información utilizadas

Como se puede observar en la figura 15, para crear las ontologías de arquitectura, arte, servicios comunitarios y gustos, se proponían algunos tesauros como posibles fuentes de conocimiento. Sin embargo en la figura 23 no aparecen dichos tesauros como fuentes de conocimiento utilizadas. Esto es debido a que para la construcción de la red de ontologías del Camino de Santiago se han tomado como punto de partida las ontologías desarrolladas en las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, por lo que en este proceso de construcción el recurso reutilizado han sido las ontologías ya desarrolladas y no los tesauros propuestos. En todo caso es interesante especificar cuáles de esas ontologías fueron desarrolladas a partir de alguna de las fuentes mencionadas:

- **Arquitectura:** para la construcción de esta ontología los alumnos de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 utilizaron el tesauro *The Art*

& *Architecture Thesaurus*⁴³, el glosario *Glossary of Medieval Art and Architecture*⁴⁴ y la relación de términos arquitectónicos *The great building's collection*⁴⁵.

- Arte: esta ontología contiene conceptos extraídos del tesoro *The Art & Architecture Thesaurus*.
- Gustos: en la construcción de esta ontología los alumnos de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 utilizaron el tesoro Eurovoc⁴⁶ para extraer conocimiento sobre turismo y el tesoro Spines⁴⁷ para la parte del dominio relacionado con las preferencias y personalidad.

Un resumen de las métricas de cada ontología de la red se muestra en la tabla 47, donde se especifican el número de clases, relaciones, atributos e instancias que contiene cada ontología, así como la expresividad utilizada en cada una de ellas. Las ontologías se encuentran en la primera columna de la tabla ordenadas alfabéticamente, excepto la última ontología que representa la red de ontologías del Camino de Santiago.

	Clases	Relaciones	Atributos	Instancias	Expresividad
Arquitectura	64	4	0	4	ALCHI
Arte	186	40	10	275	SHOIN(D)
Geografía	79	23	6	6	SROIQ(D)
GML	169	80	41	51	ALCON(D)
Gustos	17	12	0	38	ALCHOI
Lenguajes	5	4	7	1155	ALCHN(D)
Personas	21	42	20	7	ALCHIF(D)
Precio	3	3	1	0	ALCIN(D)
Servicios	110	10	23	48	ALCHOIF(D)
Tiempo	19	12	9	0	SIN(D)
Unidades de medida	12	3	5	102	ALUOF(D)
Camino de Santiago	712	290	124	1767	sHOIQ(D)

Tabla 47 Métricas de la red de ontologías y cada una de las ontologías que la componen.

La red de ontologías que se ha obtenido como resultado consta de 712 clases, 290 propiedades, 124 atributos, 1767 instancias y una expresividad sHOIQ(D), como se observa en la última fila de la tabla 47.

⁴³ http://www.getty.edu/research/conducting_research/vocabularies/aat

⁴⁴ <http://www.pitt.edu/~medart/menuglossary/INDEX.HTM>

⁴⁵ <http://www.greatbuildings.com/types.html>

⁴⁶ http://europa.eu/eurovoc/sg/sga_doc/eurovoc_dif!SERVEUR/menu!prod!MENU?langue=ES

⁴⁷ <http://spines.r020.com.ar/index.php>

Esta red de ontologías ha sido verificada manualmente, comprobando que existen las clases y las relaciones entre clases necesarias para responder a las preguntas de competencia identificadas en la sección 5.2.6.

La red de ontologías del Camino de Santiago se encuentra disponible en <http://www.geobuddies.net>.

Capítulo 6: Conclusiones

Una vez finalizado el proyecto final de carrera, fruto del desarrollo del mismo se han obtenido conclusiones de varios tipos. Por una parte, se tienen los productos obtenidos tras el análisis de la existencia de patrones y antipatrones en ontologías estudiadas y, por otra parte, se tienen los productos obtenidos a partir de la creación de la red de ontologías para el Camino de Santiago. Además, se han obtenido productos relacionados tanto con el análisis de las ontologías como con la creación de la red de ontologías para el Camino de Santiago. Por último, se han obtenido una serie de conclusiones relacionadas con el desarrollo del proyecto final de carrera.

En primer lugar se muestran los productos obtenidos a partir del análisis de patrones y antipatrones en ontologías:

- Fruto del análisis de las ontologías estudiadas se han obtenido unas guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas de diseño durante el desarrollo de ontologías. Estas guías preliminares contemplan situaciones no deseadas o mejorables que se han encontrado durante el análisis de las ontologías de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. En dichas guías se identifican modelizaciones o diseños incorrectos o mejorables y se proporcionan ejemplos de la modelización o el diseño no recomendado y de la modelización o diseño recomendado en las guías.
- Por otra parte, se ha realizado una clasificación de las guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas de diseño durante el desarrollo de ontologías. Dicha clasificación agrupa las malas prácticas según el tipo de patrón de diseño ontológico con el que podrían estar relacionadas dichas malas prácticas.
- Además, se han obtenido datos numéricos sobre la identificación de patrones y antipatrones en las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008.

A continuación se muestran los productos obtenidos relacionados con la creación de la red de ontologías para el Camino de Santiago:

- Uno de los productos obtenidos durante este proyecto final de carera es una red de ontologías basada en Lógica Descriptiva que modela el conocimiento relacionado con el Camino de Santiago el cuál incluye información sobre dominios como el arte, la geografía, la arquitectura, etc. Esta red de ontologías se utilizará como parte del sistema desarrollado en el proyecto GeoBuddies para permitir el acceso y la edición de información referente al Camino de Santiago. Esta red de ontologías consta de once ontologías conectadas, cinco de las cuales se han desarrollado como parte de este proyecto final de carrera, que pueden ser reutilizadas en futuros desarrollos de redes de ontologías.

- También se han obtenido unas guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías. Estas guías preliminares se han desarrollado a partir de la experiencia adquirida, los problemas encontrados y las decisiones tomadas a la hora de construir la red de ontologías para el Camino de Santiago, especialmente durante la tarea de establecer las conexiones entre las distintas ontologías que componen la red.

A continuación se muestran los productos obtenidos que tienen relación tanto con el análisis de los patrones y antipatrones de las ontologías estudiadas como con el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago:

- Como parte del desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago y del análisis de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se han obtenido dos adaptaciones de patrones a nuevos dominios o características de los dominios en cuestión. Estas adaptaciones son:
 - Adaptación del patrón “*N-ary Relation: Introducing a New Class for the Relation*” para problemas de modelado en los que la relación n-aria que se desea modelizar sea simétrica, es decir, que se cumpla que “*Si relacion(a, b, x) entonces relacion(b, a, x)*”.
 - Combinación de los patrones “*Precedence*” y “*Part-Whole Relation*” para representar relaciones de precedencia y precedencia directa.
- También se ha obtenido una matriz de relaciones existentes entre las malas prácticas identificadas en el análisis de las ontologías desarrolladas en la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, las modificaciones realizadas sobre las ontologías reutilizadas y las guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías. Dicha matriz de relaciones se muestra en el Anexo II.

Durante el proceso de creación de la red de ontologías se han encontrado algunas dificultades, sobre todo a la hora de realizar las conexiones entre las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008. Esto puede ser debido a que cada uno de los grupos realizó sus propias preguntas de competencia sin tener en cuenta las preguntas de competencia de los demás grupos o un conjunto de preguntas de competencias global. Si se hubiese desarrollado un conjunto de preguntas de competencia global del cuál cada grupo seleccionase las preguntas de competencia relacionadas con su dominio probablemente se habrían obtenido las siguientes ventajas en cuanto a la creación de la red de ontologías para el Camino de Santiago:

- Los diseños de los distintos módulos tendrían una granularidad similar.
- Las relaciones entre los distintos módulos estarían mejor definidas.
- La creación de la red de ontologías a partir de la conexión de los distintos módulos previsiblemente sería más simple y se realizarían menos actividades de reingeniería de

las que se llevaron a cabo durante el desarrollo de la red de ontologías para el Camino de Santiago.

Por otra parte, posiblemente se hubieran obtenido las siguientes ventajas a la hora de realizar el análisis de las ontologías desarrolladas durante las prácticas:

- Se podrían observar las diferencias y similitudes existentes entre las distintas soluciones adoptadas por diferentes grupos de alumnos ante unos mismos requisitos (en forma de preguntas de competencia) en un mismo dominio.
- Se podrían analizar la repetición de errores o de soluciones adecuadas adoptados ante unos mismos requisitos. Por ejemplo, durante la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, sólo uno de los cuatro grupos que debían construir una ontología sobre servicios comunitarios trató en sus preguntas de competencia con información referente a reservas. De esta manera no se ha podido comparar la solución propuesta por dicho grupo con ninguna otra solución propuesta ya que el resto de grupos no contemplaban en sus preguntas de competencia información relativa a reservas. Si se hubiesen tenido unas preguntas de competencia globales, los cuatro grupos hubiesen tenido que tratar con dicha información lo que daría lugar a cuatro modelizaciones del conocimiento relativo a las reservas entre las cuales se podrían encontrar repeticiones de diseños correctos o de errores comunes. Además podría analizarse la relación de estos diseños correctos o errores repetidos con los patrones y antipatrones de diseño ontológico.

Capítulo 7: Líneas futuras

En primer lugar, se plantea como trabajo futuro la localización de la red de ontologías añadiendo información en inglés y gallego a la misma ya que en el ámbito de este proyecto final de carrera únicamente se contempla el castellano como idioma de la red de ontologías. Esta ampliación es necesaria para cumplir con los requisitos de multilingüidad de la red de ontologías del proyecto GeoBuddies explicados en la sección 5.2.1.

En segundo lugar, se propone la ampliación y mejora de las guías metodológicas preliminares de la siguiente manera:

- En el caso de las guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías se propone ampliar las guías con nuevas situaciones de creación de redes, como por ejemplo crear la red de ontologías incluyendo ontologías disponibles de forma distribuida en lugar de localmente, o crear las redes en base a unos criterios, como puede ser la modularidad de las ontologías individuales que forman la red.
- En el caso de las guías metodológicas preliminares para evitar el uso de malas prácticas se propone profundizar en las causas y consecuencias de su uso y elaborar los patrones de diseño ontológico necesarios para evitar dichas malas prácticas.
- En relación al análisis de las ontologías procedentes de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008 se propone profundizar en el estudio de las causas que provocan la utilización de antipatrones, o soluciones de modelado no adecuadas al problema dado, con objeto de proporcionar unas guías para evitar este tipo de situaciones.

En tercer lugar, se propone una modificación en el planteamiento de las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica”. La propuesta consistiría en explicar a los estudiantes tanto el concepto de patrón de diseño ontológico como sus tipos y formas de reutilización, facilitar documentación sobre los patrones de diseño ontológico y fomentar su uso durante el desarrollo de las ontologías en dichas prácticas. El objetivo de realizar esta modificación en el planteamiento de las prácticas es analizar en qué medida se ve afectado el número de veces que se encuentran las siguientes situaciones:

1. Casos en los que se ha identificado un diseño correcto de una solución que se corresponde con un patrón de diseño ontológico de los disponibles en las librerías.
2. Casos en los que se ha identificado diseño que se corresponde con un patrón de diseño ontológico pero que no es el adecuado para el problema de modelado que se pretendía resolver.
3. Casos en los que no se identifica el diseño de ningún patrón de diseño ontológico y existe un patrón adecuado para el problema de modelado que se podría haber aplicado en caso de conocer los patrones de diseño ontológico.

Por último, se propone ampliar el conocimiento representado en la matriz que se muestra en el Anexo II, la cuál representa las relaciones identificadas entre las malas prácticas encontradas, las modificaciones realizadas sobre las ontologías reutilizadas y las guías metodológicas preliminares desarrolladas para la creación de redes de ontologías. Dicho conocimiento se podría ampliar indicando el tipo concreto de relación existente entre cada uno de los elementos, es decir, indicar si entre dos elementos existe una relación de especificidad, o una relación de consecuencia, etc. También sería interesante identificar grupos de malas prácticas que suelen aparecer simultáneamente, de esta manera, una vez identificada la ocurrencia de una mala práctica se tendrían identificadas qué otras malas prácticas se podrían estar aplicando. Además, se podría analizar la existencia de estas relaciones en otros dominios distintos al tratado durante este proyecto final de carrera.

Capítulo 8: Bibliografía

[Arpírez *et al.*, 2003]

J.C. Arpírez, O. Corcho, M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez. *WebODE in a nutshell*. AI Magazine. 2003.

[Bernes-Lee *et al.*, 2001]

T. Bernes-Lee, J. Hendler & O. Lassila. The Semantic Web [Journal]. Scientific American. - May 2001. - pp. 28-37.

[Blázquez *et al.*, 1998]

M. Blázquez, M. Fernández-López, J.M. García-Pinar, A. Gómez-Pérez. *Building Ontologies at the Knowledge Level using the Ontology Design Environment*. 1998. In: Gaines BR, Musen MA (eds) 11th International Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (KAW'98). Banff, Canada, SHARE4:1–15.

[Brockmans & Haase, 2006]

S. Brockmans, P. Haase. A Metamodel and UML Profile for Networked Ontologies. A Complete Reference. Technical report, Universität Karlsruhe, April 2006. Available at: <http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sbr/publications/ontology-metamodelling.pdf>.

[Engler *et al.*, 2006]

M. Engler, D. Vrandečić, Y. Sure. *A Tool for DILIGENT Argumentation: Experiences, Requirements and Design*. In Robert Tolksdorf and Elena Paslaru Bontas and Klaus Schild, 1st International Workshop on Semantic Technologies in Collaborative Applications STICA 06. IEEE, IEEE, Manchester, UK, June 2006.

[Euzenat, 1996]

J. Euzenat. *Corporate memory through cooperative creation of knowledge bases and hyper-documents*. In: Gaines BR, Musen MA (eds) 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'96). Banff, Canada. 1996. <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW96/euzenat/euzenat96b.html>.

[Euzenat, 1995]

J. Euzenat. *Building Consensual Knowledge Bases: Context and Architecture*. In: Mars N (ed) Second International Conference on Building and Sharing of Very Large-Scale Knowledge Bases (KBKS '95). University of Twente, Enschede, The Netherlands. IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, pp 143–155. 1995.

[Fernández-López *et al.*, 1997]

M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez Asunción & N. Juristo. *METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. [Conference]*. Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI. - California : [s.n.], 1997. - pp. 33–40.

[Fernández-López & Gómez-Perez, 2004]

M. Fernández-López & A. Gómez-Perez, 2004. *Searching for a Time Ontology for Semantic Web applications*. Formal Ontology in Information Systems (FOIS-2004) Proceedings of the Formal Ontology in Information Systems. Third International Conference (FOIS-2004) Frontiers in artificial Intelligence and Applications vol. 114 Editorial: IOS Press 4-6 de noviembre de 2004. Turín, Italia. Pages: 331-341

[Fernández-López *et al.*, 2000]

M. Fernández-López, A. Gómez-Pérez, M. D. Rojas-Amaya. *Ontologies' crossed life cycles*. In: Dieng R, Corby O (eds) 12th International Conference in Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2000). Juan-Les-Pins, France. (Lecture Notes in Artificial Intelligence LNAI 1937) Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp 65–79.

[Gangemi, 2005]

A. Gangemi. *Ontology Design Patterns for Semantic Web Content*. Musen *et al.* (eds.): Proceedings of the Fourth International Semantic Web Conference, Galway, Ireland, 2005. Springer.

[Gómez-Pérez & Suárez-Figueroa, 2008]

A. Gómez-Pérez & M.C. Suárez-Figueroa. *NeOn Methodology: Scenarios for Building Networks of Ontologies*. Poster published in 16th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management Knowledge Patterns (EKAW 2008). Acitrezza, Catania, Italy. September 29-October 3, 2008.

[Gómez-Pérez *et al.*, 1997]

A. Gómez-Pérez, N. Juristo, C. Montes, J. Pazos. *Ingeniería del Conocimiento*. Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. 1997. ISBN: 84-8004-269-9.

[Gómez-Pérez *et al.*, 2003]

A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López, O. Corcho. *Ontological Engineering*. November 2003. Springer Verlag. Advanced Information and Knowledge Processing series. ISBN 1-85233-551-3.

[Gruninger & Fox, 1994]

M. Gruninger, M. S. Fox. The role of competency questions in enterprise engineering. In Proceedings of the IFIP WG5.7 Workshop on Benchmarking - Theory and Practice, Trondheim, Norway, 1994.

[Haase *et al.*, 2006]

P. Haase, S. Rudolph, Y. Wang, R. Palma, J.Euzenat & M.d'Aquin. *NeOn D1.1.1: Networked Ontology Model*. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. November 2006.

[Haase *et al.*, 2007]

P. Haase, S. Brockmans, R. Palma, J.Euzenat & M.d'Aquin. *NeOn D1.1.2: Updated Version of the Networked Ontology Model*. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. October 2007.

[IEEE, 1999]

IEEE Std 1517-1999 (R2004). IEEE Standard for Information Technology. Software Life Cycle Processes. Reuse Processes. June 1999.

[Pinto *et al.*, 2004a]

H.S. Pinto, C. Tempich, S. Staab. DILIGENT: *Towards a fine-grained methodology for Distributed, Loosely-controlled and evolvinG Engineering of oNTologies*. In Proceedings of the 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI 2004), August 22nd - 27th, pp. 393--397. IOS Press, Valencia, Spain, August 2004. ISBN: 1-58603-452-9. ISSN: 0922-6389.

[Pinto *et al.*, 2004b]

H. S. Pinto, S. Staab, Y. Sure, C. Tempich. OntoEdit empowering SWAP: A case study in supporting Distributed, Loosely-controlled and evolvinG Engineering of oNTologies (DILIGENT). Proceedings of the 1st European Semantic Web Symposium. Crete, May 10-12, 2004.

[Presutti & Gangemi, 2008]

V. Presutti, A. Gangemi. *Content Ontology Design Patterns as practical building blocks for web ontologies*. Proceedings of the 27th International Conference on Conceptual Modeling. 2008

[Presutti *et al.*, 2008]

V. Presutti, A. Gangemi, S. David, G. Aguado de Cea, M.C. Suárez-Figueroa, E. Montiel-Ponsoda, M. Poveda. NeOn D2.5.1: A Library of Ontology Design Patterns: reusable solutions for collaborative design of networked ontologies. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. February 2008.

[Schreiber *et al.*, 1999]

G. Schreiber, H. Akkermans, A. Anjewierden, R. de Hoog, N. Shadbolt, W. van de Velde, B. Wielinga. *Knowledge engineering and management. The CommonKADS Methodology*. MIT press, Cambridge, Massachusetts. 1999.

[Staab *et al.*, 2001]

S. Staab, H.P. Schnurr, R. Studer, Y. Sure. Knowledge Processes and Ontologies. *IEEE Intelligent Systems* 16(1):26–34. (2001).

[Studer *et al.*, 1998]

R. Studer, VR. Benjamins & D. Fensel. *Knowledge Engineering: Principles and Methods* [Journal]. *IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering*. - 1998.

[Suárez-Figueroa *et al.*, 2007a]

M.C. Suárez-Figueroa, S. Brockmans, A. Gangemi, A. Gómez-Pérez, J. Lehmann, H. Lewen, V. Presutti, M. Sabou. *NeOn D5.1.1: NeOn Modelling Components*. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. March 2007.

[Suárez-Figueroa *et al.*, 2007b]

M.C. Suárez-Figueroa, G. Aguado de Cea, C. Buil, C. Caracciolo, M. Dzubor, A. Gómez-Pérez, G. Herrero, H. Lewen, E. Montiel-Ponsoda, V. Presutti. *NeOn D5.3.1: NeOn Development Process and Ontology Life Cycle*. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. August 2007.

[Suárez-Figueroa *et al.*, 2008]

M.C. Suárez-Figueroa, G. Aguado de Cea, C. Buil, K. Dellschaft, M. Fernández-López, A. García, A. Gómez-Pérez, G. Herrero, E. Montiel-Ponsoda, M. Sabou, B. Villazon-Terrazas, Z. Yufei. *NeOn D5.4.1: NeOn Methodology for Building Contextualized Ontology Networks*. NeOn project. <http://www.neon-project.org>. February 2008.

[Suárez-Figueroa & Gómez-Pérez, 2008a]

M.C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez. Towards a Glossary of Activities in the Ontology Engineering Field. 6th Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2008). Marrakech (Morocco). May 2008.

[Suárez-Figueroa & Gómez-Pérez, 2008b]

M.C. Suárez-Figueroa, A. Gómez-Pérez. First Attempt towards a Standard Glossary of Ontology Engineering Terminology. 8th International Conference on Terminology and Knowledge Engineering (TKE 2008). 18-21 August 2008. Copenhagen.

[van Assem *et al.*, 2004]

M. van Assem, M. Menken, G. Schreiber, J. Wielemaker, B. Wielinga, *A method for converting thesauri to RDF/OWL*, 2004.

[Waterman, 1986]

D. A. Waterman. *A Guide to Expert Systems*. Addison-Wesley, Boston, Massachusetts.1986.

Anexo I: Pre-Glosario de términos

1. Términos extraídos de las pregunta de competencia

Lista de términos extraídos a través del programa TreeTagger, depurados y con frecuencias añadidas:

Término	Etiqueta	Lema	Frecuencia
1	CARD	1	3
10,00	CARD	@card@	4
13,30	CARD	@card@	2
14,00	CARD	@card@	2
15704	CODE	@card@	1
16,00	CARD	@card@	2
18	CODE	@card@	1
18,30	CARD	@card@	1
20,00	CARD	@card@	1
3	CARD	3	1
30	CARD	@card@	1
31	CARD	@card@	1
4	CARD	4	1
5	CARD	5	1
7	NC	<unknown>	2
A.	NP	A.	1
acabó	VLfin	acabar	1
Acepta	VLfin	<unknown>	1
actuaciones	NC	actuación	1
agosto	NC	agosto	1
albergue	NC	albergue	3
alfombra	VLfin	alfombrar	1
Alfonso	NP	Alfonso	1
alojamientos	NC	alojamiento	10
alquilar	VLinf	alquilar	2
altares	NC	altar	1
año	NC	año	1
Aragonés	NP	<unknown>	1
área	NC	área	1
arquitectónico	ADJ	arquitectónico	3
arte	NC	Arte	19
artesanía	NC	artesanía	1
artesanos	ADJ	artesano	2
artículos	NC	artículo	1
artistas	NC	artista	1
artístico	ADJ	artístico	1
Atlántico	NP	<unknown>	1
Auditorio	NC	auditorio	2
autónoma	ADJ	autónomo	2
autor	NC	autor	2
azabachería	NC	<unknown>	1
bicicletas	NC	bicicleta	1
billete	NC	billete	1
bizantino	NC	bizantino	1
Bolantak	NP	<unknown>	1
Bolantes	NP	<unknown>	1
bóveda	NC	bóveda	1
Burgos	NP	Burgos	1
Calixtino	NP	<unknown>	2
Calixtinus	NP	<unknown>	3
camino	NC	camino	23
Cantigas	NC	<unknown>	1
Capilla	NC	capa|capilla	3
características	NC	característica	1
catedral	NP	Catedral	20
Católicos	NP	<unknown>	2
celebra	VLfin	celebrar	1
centro	NC	centro	3
cerámica	NC	cerámica	3
cincelado	NC	<unknown>	1
cine	NC	cine	1

Cineuropa	NP	<unknown>	1
circula	VLfin	circular	1
ciudad	NC	ciudad	9
Codex	NP	<unknown>	3
Código	NP	<unknown>	2
comer	VLinf	comer	1
comida	NC	comida	3
Compostela	NP	<unknown>	21
comprar	VLinf	comprar	2
Comunidad	NC	comunidad	2
Concerto	NC	<unknown>	2
conciertos	NC	conciertos	1
construcción	NC	construcción	11
Coruña	NP	Coruña	4
CP	NP	CP	1
credencial	NC	credencial	1
Cristos	NP	<unknown>	1
crucería	NC	<unknown>	1
cuero	NC	cuero	1
cuesta	VLfin	costar	2
Danza	NC	danza	8
denuncia	NC	denuncia	1
desayunos	NC	desayuno	1
descanso	NC	descanso	1
desemboca	VLfin	desembocar	2
destinos	NC	destino	1
determinado	ADJ	determinado	1
día	NC	día	3
dirección	NC	dirección	1
distancia	NC	distancia	1
do	NC	do	1
dobles	QU	doble	1
domingos	NC	domingo	2
Dramático	NC	<unknown>	1
edificio	NC	edificio	4
educativos	ADJ	educativo	1
elementos	NC	elemento	1
empezó	VLfin	empezar	1
encontrar	VLinf	encontrar	28
entrada	NC	entrada	1
entrar	VLinf	entrar	1
es	VSfin	ser	26
escuchar	VLinf	escuchar	2
escultura	NC	escultura	9
esmalte	NC	esmalte	1
España	NP	España	1
espectáculos	NC	espectáculo	1
está	VEfin	estar	11
establecimiento	NC	establecimiento	4
estación	NC	estación	1
estatua	NC	estatua	3
estilo	NC	estilo	11
estrellas	NC	estrella	2
euro	NC	euro	5
evento	NC	evento	5
Existe	VLfin	<unknown>	1
expide	VLfin	expedir	1
fandango	NC	fandango	1
farmacia	NC	farmacia	1
fecha	NC	fecha	1
Feira	NP	<unknown>	1
Festival	NP	<unknown>	2
forja	VLfin	forjar	1
Francés	NP	<unknown>	4
fumadores	NC	fumador	1
Galán	NP	<unknown>	1
galería	NC	galería	2
Galicia	NP	Galicia	5
gallegas	ADJ	gallego	2
gemología	NC	<unknown>	1
general	ADJ	general	1
Gloria	NP	Gloria	10

Gordón	NC	<unknown>	1
gótico	ADJ	gótico	4
grabados	VLadj	grabar	1
gratuita	ADJ	gratuito	2
grupos	NC	grupo	1
guía	NC	guía	1
habilitada	VLadj	habilitar	1
habitaciones	NC	habitación	4
hay	VHfin	haber	8
horario	NC	horario	1
horas	NC	hora	5
hospital	NC	hospital	3
Hostal	NP	<unknown>	2
hotel	NC	hotel	2
iglesia	NC	iglesia	2
imágenes	NC	imagen	1
inferior	ADJ	inferior	1
infraestructura	NC	infraestructura	2
inicia	VLfin	iniciar	2
interés	NC	interés	1
Internacional	ADJ	internacional	4
ir	VLinf	ir	1
Irimia	NC	<unknown>	1
IV	CARD	IV	1
Jacobi	NP	<unknown>	1
jota	NC	<unknown>	1
joyería	NC	joyería	1
junio	NMON	junio	1
láminas	NC	lámina	1
L'arca	NC	<unknown>	1
largo	NC	largo	2
lavandería	NC	lavandería	1
León	NP	León	1
Liber	NP	<unknown>	1
Libro	NC	libro	2
literatura	NC	literatura	1
localidades	NC	localidad	1
localiza	VLfin	localizar	1
lugares	NC	lugar	7
Lugo	NP	Lugo	2
lunes	NC	lunes	1
llamado	VLadj	llamar	1
Maestro	NP	<unknown>	1
maneo	NC	<unknown>	1
manifiestan	VLfin	manifiestar	1
manuscrito	VLadj	manuscribir	1
manuscritos	ADJ	manuscrito	1
María	NP	María	3
Mateo	NP	<unknown>	1
mayo	NC	mayo	2
medieval	ADJ	medieval	3
medio	NC	medio	2
Meira	NP	<unknown>	2
Melide	NC	<unknown>	1
menú	NC	menú	2
mes	NC	mes	1
Miño	NP	<unknown>	4
municipio	NC	municipio	1
muñeira	NP	<unknown>	1
murales	NC	<unknown>	1
museo	NC	museo	6
música	NC	música	4
musicales	ADJ	musical	2
nace	VLfin	nacer	2
Nacional	NP	<unknown>	1
Nasa	NP	<unknown>	1
Navarra	NP	Navarra	1
Nieves	NP	Nieves	1
noche	NC	noche	1
nombre	NC	nombre	1
número	NC	número	1
objetos	NC	objeto	9

obra	NC	obra	3
Obradoiro	NP	<unknown>	1
obras	NC	obra	3
Océano	NP	<unknown>	1
octubre	NMON	octubre	1
ocurre	VLfin	ocurrir	3
Ochagavía	NC	<unknown>	1
ofrecen	VLfin	ofrecer	4
oratorios	ADJ	<unknown>	1
Orense	NP	Orense	1
orfebrería	NC	<unknown>	2
orfebres	NC	<unknown>	1
ornamental	ADJ	<unknown>	1
otras	QU	otro	1
pagar	VLinf	pagar	1
paisaje	NC	paisaje	1
Palencia	NP	Palencia	1
pandeirada	NC	<unknown>	1
pasa	VLfin	pasar	2
Paseantes	NP	<unknown>	2
Pé	NC	<unknown>	1
Pedra	NC	<unknown>	1
Pedregal	NP	<unknown>	1
peregrino	NC	peregrino	10
período	NC	período	7
pertenece	VLfin	pertenecer	2
pie	NC	pie	1
pintura	NC	pintura	3
población	NC	población	3
Pola	NC	<unknown>	1
poner	VLinf	poner	1
Pontevedra	NP	Pontevedra	1
Pórtico	NC	<unknown>	10
posición	NC	posición	3
precio	NC	precio	3
predominante	VLadj	<unknown>	2
pre-histórico	ADJ	<unknown>	1
Presentación	NP	<unknown>	1
presente	ADJ	presente	2
Primitivo	ADJ	primitivo	2
Principal	NP	<unknown>	1
produce	VLfin	producir	2
provincia	NC	provincia	5
pueblo	NC	pueblo	2
puedo	VLfin	poder	36
punto	NC	punto	5
Pza	NP	<unknown>	1
Real	NC	<unknown>	2
reducida	VLadj	reducir	1
Reis	NC	reis	1
religioso	ADJ	religioso	1
reliquias	NC	reliquia	1
renacimiento	NC	renacimiento	1
reproducciones	NC	reproducción	3
restaurante	NC	restaurante	5
retrato	NC	retrato	1
Reyes	NP	Rey	2
río	NC	río	4
Rioja	NP	<unknown>	1
románicas	ADJ	<unknown>	2
románico	ADJ	<unknown>	2
Roncesvalles	NC	<unknown>	3
Roque	NP	Roque	1
ruta	NC	ruta	2
s/n	NP	<unknown>	1
sábado	NC	sábado	2
Sabio	NP	<unknown>	1
sagradas	ADJ	sagrado	1
Sala	NP	<unknown>	1
salen	VLfin	salar|salir	1
Salón	NP	<unknown>	1
Saltabardales	NP	<unknown>	1

San	NP	Santo	1
Sanct	NP	<unknown>	1
Santander	NP	Santander	1
Santiago	NP	Santiago	38
septiembre	NC	septiembre	1
sepulcros	NC	sepulcro	1
servicio	NC	servicio	12
Sierra	NP	<unknown>	1
siglo	NC	siglo	5
situada	VLadj	situar	6
sombreros	NC	sombrero	1
son	VSfin	ser	4
Sta	NP	<unknown>	3
Sueños	NP	<unknown>	1
supermercado	NC	supermercado	1
tabla	NC	tabla	3
talla	VLfin	tallar	5
tapiz	NC	tapiz	1
tarifa	NC	tarifa	1
taxis	NC	taxi	1
teatro	NC	teatro	6
teléfono	NC	teléfono	1
tema	NC	tema	2
tenedores	NC	tenedor	1
tiene	VLfin	tener	13
tipo	NC	tipo	9
transporte	NC	transporte	5
traumatología	NC	<unknown>	1
tren	NC	tren	1
tumbas	NC	tumba	1
Tumbo	NP	<unknown>	1
urgencias	NC	urgencia	1
va	VLfin	ir	1
vajillas	NC	vajilla	1
velas	NC	vela	1
vende	VLfin	vendar|vender	1
ver	VLinf	ver	2
vidrio	NC	vidrio	1
Virgen	NP	Virgen	2
X,Y	NP	<unknown>	3
XII	CARD	XII	2
Xornadas	VLadj	<unknown>	3
zona	NC	zona	3

2. Términos

Término	Etiqueta	Lema	Frecuencia
acabó	VLfin	acabar	1
Acepta	VLfin	<unknown>	1
actuaciones	NC	actuación	1
agosto	NC	agosto	1
albergue	NC	albergue	3
alfombra	VLfin	alfombrar	1
Alfonso	NP	Alfonso	1
alojamientos	NC	alojamiento	10
alquilar	VLinf	alquilar	2
altares	NC	altar	1
año	NC	año	1
Aragonés	NP	<unknown>	1
área	NC	área	1
arquitectónico	ADJ	arquitectónico	3
arte	NC	Arte	19
artesanía	NC	artesanía	1
artesanos	ADJ	artesano	2
artículos	NC	artículo	1
artistas	NC	artista	1
artístico	ADJ	artístico	1
Auditorio	NC	auditorio	2
autónoma	ADJ	autónomo	2

autor	NC	autor	2
azabachería	NC	<unknown>	1
bicicletas	NC	bicicleta	1
billete	NC	billete	1
bizantino	NC	bizantino	1
bóveda	NC	bóveda	1
camino	NC	camino	23
Capilla	NC	capa|capilla	3
características	NC	característica	1
catedral	NP	Catedral	20
Católicos	NP	<unknown>	2
celebra	VLfin	celebrar	1
centro	NC	centro	3
cerámica	NC	cerámica	3
cincelado	NC	<unknown>	1
cine	NC	cine	1
circula	VLfin	circular	1
ciudad	NC	ciudad	9
comer	VLinf	comer	1
comida	NC	comida	3
comprar	VLinf	comprar	2
Comunidad	NC	comunidad	2
Concerto	NC	<unknown>	2
conciertos	NC	conciertos	1
construcción	NC	construcción	11
CP	NP	CP	1
crucería	NC	<unknown>	1
cuero	NC	cuero	1
cuesta	VLfin	costar	2
Danza	NC	danza	8
denuncia	NC	denuncia	1
desayunos	NC	desayuno	1
descanso	NC	descanso	1
desemboca	VLfin	desembocar	2
destinos	NC	destino	1
determinado	ADJ	determinado	1
día	NC	día	3
dirección	NC	dirección	1
distancia	NC	distancia	1
do	NC	do	1
dobles	QU	doble	1
domingos	NC	domingo	2
Dramático	NC	<unknown>	1
edificio	NC	edificio	4
educativos	ADJ	educativo	1
elementos	NC	elemento	1
empezó	VLfin	empezar	1
encontrar	VLinf	encontrar	28
entrada	NC	entrada	1
entrar	VLinf	entrar	1
es	VSfin	ser	26
escuchar	VLinf	escuchar	2
escultura	NC	escultura	9
esmalte	NC	esmalte	1
espectáculos	NC	espectáculo	1
está	VEfin	estar	11
establecimiento	NC	establecimiento	4
estación	NC	estación	1
estatua	NC	estatua	3
estilo	NC	estilo	11
estrellas	NC	estrella	2
evento	NC	evento	5
Existe	VLfin	<unknown>	1
expide	VLfin	expedir	1
fandango	NC	fandango	1
farmacia	NC	farmacia	1
fecha	NC	fecha	1
Feira	NP	<unknown>	1
Festival	NP	<unknown>	2
forja	VLfin	forjar	1
fumadores	NC	fumador	1
galería	NC	galería	2

gallegas	ADJ	gallego	2
gemología	NC	<unknown>	1
general	ADJ	general	1
gótico	ADJ	gótico	4
grabados	VLadj	grabar	1
gratuita	ADJ	gratuito	2
grupos	NC	grupo	1
guía	NC	guía	1
habilitada	VLadj	habilitar	1
habitaciones	NC	habitación	4
hay	VHfin	haber	8
horario	NC	horario	1
horas	NC	hora	5
hospital	NC	hospital	3
Hostal	NP	<unknown>	2
hotel	NC	hotel	2
iglesia	NC	iglesia	2
imágenes	NC	imagen	1
inferior	ADJ	inferior	1
infraestructura	NC	infraestructura	2
inicia	VLfin	iniciar	2
interés	NC	interés	1
Internacional	ADJ	internacional	4
ir	VLinf	ir	1
jota	NC	<unknown>	1
joyería	NC	joyería	1
junio	NMON	junio	1
láminas	NC	lámina	1
largo	NC	largo	2
lavandería	NC	lavandería	1
Libro	NC	libro	2
literatura	NC	literatura	1
localidades	NC	localidad	1
localiza	VLfin	localizar	1
lugares	NC	lugar	7
lunes	NC	lunes	1
llamado	VLadj	llamar	1
Maestro	NP	<unknown>	1
maneo	NC	<unknown>	1
manifiestan	VLfin	manifestar	1
manuscrito	VLadj	manuscribir	1
manuscritos	ADJ	manuscrito	1
mayo	NC	mayo	2
medieval	ADJ	medieval	3
medio	NC	medio	2
menú	NC	menú	2
mes	NC	mes	1
municipio	NC	municipio	1
muñeira	NP	<unknown>	1
murales	NC	<unknown>	1
museo	NC	museo	6
música	NC	música	4
musicales	ADJ	musical	2
nace	VLfin	nacer	2
Nacional	NP	<unknown>	1
noche	NC	noche	1
nombre	NC	nombre	1
número	NC	número	1
objetos	NC	objeto	9
obra	NC	obra	3
obras	NC	obra	3
Océano	NP	<unknown>	1
octubre	NMON	octubre	1
ocurre	VLfin	ocurrir	3
ofrecen	VLfin	ofrecer	4
oratorios	ADJ	<unknown>	1
orfebrería	NC	<unknown>	2
orfebres	NC	<unknown>	1
ornamental	ADJ	<unknown>	1
otras	QU	otro	1
pagar	VLinf	pagar	1
paisaje	NC	paisaje	1

pandeirada	NC	<unknown>	1
pasa	VLfin	pasar	2
Paseantes	NP	<unknown>	2
Pedra	NC	<unknown>	1
Pedregal	NP	<unknown>	1
peregrino	NC	peregrino	10
período	NC	período	7
pertenece	VLfin	pertenecer	2
pintura	NC	pintura	3
población	NC	población	3
poner	VLinf	poner	1
posición	NC	posición	3
precio	NC	precio	3
predominante	VLadj	<unknown>	2
pre-histórico	ADJ	<unknown>	1
Presentación	NP	<unknown>	1
presente	ADJ	presente	2
Primitivo	ADJ	primitivo	2
Principal	NP	<unknown>	1
produce	VLfin	producir	2
provincia	NC	provincia	5
pueblo	NC	pueblo	2
puedo	VLfin	poder	36
punto	NC	punto	5
Pza	NP	<unknown>	1
Real	NC	<unknown>	2
reducida	VLadj	reducir	1
Reis	NC	reis	1
religioso	ADJ	religioso	1
reliquias	NC	reliquia	1
renacimiento	NC	renacimiento	1
reproducciones	NC	reproducción	3
restaurante	NC	restaurante	5
retrato	NC	retrato	1
Reyes	NP	Rey	2
río	NC	río	4
románicas	ADJ	<unknown>	2
románico	ADJ	<unknown>	2
ruta	NC	ruta	2
s/n	NP	<unknown>	1
sábado	NC	sábado	2
Sabio	NP	<unknown>	1
sagradas	ADJ	sagrado	1
Sala	NP	<unknown>	1
salen	VLfin	salar|salir	1
Salón	NP	<unknown>	1
San	NP	Santo	1
Sanct	NP	<unknown>	1
septiembre	NC	septiembre	1
sepulcros	NC	sepulcro	1
servicio	NC	servicio	12
Sierra	NP	<unknown>	1
siglo	NC	siglo	5
situada	VLadj	situar	6
sombreros	NC	sombrero	1
son	VSfin	ser	4
Sta	NP	<unknown>	3
supermercado	NC	supermercado	1
tabla	NC	tabla	3
talla	VLfin	tallar	5
tapiz	NC	tapiz	1
tarifa	NC	tarifa	1
taxis	NC	taxi	1
teatro	NC	teatro	6
teléfono	NC	teléfono	1
tema	NC	tema	2
tenedores	NC	tenedor	1
tiene	VLfin	tener	13
tipo	NC	tipo	9
transporte	NC	transporte	5
traumatología	NC	<unknown>	1
tren	NC	tren	1

tumbas	NC	tumba	1
urgencias	NC	urgencia	1
va	VLfin	ir	1
vajillas	NC	vajilla	1
velas	NC	vela	1
vende	VLfin	vendar|vender	1
ver	VLinf	ver	2
vidrio	NC	vidrio	1
zona	NC	zona	3

3. Objetos

Objeto	Etiqueta	Lema	Frecuencia
1	CARD	1	3
10,00	CARD	@card@	4
13,30	CARD	@card@	2
14,00	CARD	@card@	2
15704	CODE	@card@	1
16,00	CARD	@card@	2
18	CODE	@card@	1
18,30	CARD	@card@	1
20,00	CARD	@card@	1
3	CARD	3	1
30	CARD	@card@	1
31	CARD	@card@	1
4	CARD	4	1
5	CARD	5	1
7	NC	<unknown>	2
Atlántico	NP	<unknown>	1
Bolantak	NP	<unknown>	1
Bolantes	NP	<unknown>	1
Burgos	NP	Burgos	1
Calixtino	NP	<unknown>	2
Calixtinus	NP	<unknown>	3
Cantigas	NC	<unknown>	1
Cineuropa	NP	<unknown>	1
Codex	NP	<unknown>	3
Códice	NP	<unknown>	2
Compostela	NP	<unknown>	21
Coruña	NP	Coruña	4
credencial	NC	credencial	1
Cristos	NP	<unknown>	1
España	NP	España	1
euro	NC	euro	5
Francés	NP	<unknown>	4
Galán	NP	<unknown>	1
Galicia	NP	Galicia	5
Gloria	NP	Gloria	10
Gordón	NC	<unknown>	1
Irimia	NC	<unknown>	1
IV	CARD	IV	1
Jacobi	NP	<unknown>	1
L'arca	NC	<unknown>	1
León	NP	León	1
Liber	NP	<unknown>	1
Lugo	NP	Lugo	2
María	NP	María	3
Mateo	NP	<unknown>	1
Meira	NP	<unknown>	2
Melide	NC	<unknown>	1
Miño	NP	<unknown>	4
Nasa	NP	<unknown>	1
Navarra	NP	Navarra	1
Nieves	NP	Nieves	1
Obradoiro	NP	<unknown>	1
Ochagavía	NC	<unknown>	1
Orense	NP	Orense	1
Palencia	NP	Palencia	1
Pé	NC	<unknown>	1

pie	NC	pie	1
Pola	NC	<unknown>	1
Pontevedra	NP	Pontevedra	1
Pórtico	NC	<unknown>	10
Rioja	NP	<unknown>	1
Roncesvalles	NC	<unknown>	3
Roque	NP	Roque	1
Saltabardales	NP	<unknown>	1
Santander	NP	Santander	1
Santiago	NP	Santiago	38
Sueños	NP	<unknown>	1
Tumbo	NP	<unknown>	1
Virgen	NP	Virgen	2
X,Y	NP	<unknown>	3
XII	CARD	XII	2
Xornadas	VLadj	<unknown>	3

Anexo II: Relaciones entre malas prácticas, modificaciones y guías para crear redes de ontologías

Durante el desarrollo de este proyecto final de carrera se ha observado la existencia de relaciones entre las malas prácticas identificadas en el análisis de las ontologías desarrolladas en las prácticas de la asignatura de máster “Ontologías y Web Semántica” del curso 2007-2008, las modificaciones realizadas sobre las ontologías reutilizadas para la construcción de la red de ontologías del Camino de Santiago y las guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías.

Antes de pasar a la exposición de las relaciones identificadas es necesario tener en cuenta las siguientes observaciones:

- Estas relaciones se han identificado fruto del estudio de las malas prácticas y del desarrollo de las modificaciones realizadas y las guías para la construcción de redes de ontologías en el contexto concreto de este proyecto final de carrera, por lo tanto, es posible que algunas de estas relaciones no se produzcan en otros dominios o contextos diferentes.
- Las relaciones identificadas pueden no ser todas las existentes, ya que no se han analizado en detalle todas las posibles relaciones. Esto se debe a que la identificación de estas relaciones no es uno de los objetivos en el proyecto final de carrera, si no un conocimiento que ha surgido durante el desarrollo del mismo y que se ha considerado interesante comentar.
- No se detalla el tipo de relación existente entre los elementos involucrados, simplemente se establece que durante el desarrollo de este proyecto final de carrera estos elementos se han visto relacionados de alguna manera.

En la tabla 48 se muestran las relaciones identificadas entre las malas prácticas encontradas, las modificaciones realizadas sobre las ontologías reutilizadas y las guías metodológicas preliminares para la creación de redes de ontologías. En dicha tabla, por cuestiones de espacio, se numeran las malas prácticas, modificaciones y guías para la creación de redes de ontologías. La relación entre la numeración mostrada en la tabla y el nombre asociado a cada elemento es la siguiente:

a) Numeración de las malas prácticas:

1. Relaciones inversas que no lo son (tabla 3)
2. Relaciones inversas sin definir (tabla 4)
3. Múltiples clases en dominios y/o rangos de propiedades y/o atributos (tabla 5)

4. Definición recursiva (tabla 6)
5. Información incompleta (tabla 7)
6. Clases vs Instancias (tabla 8)
7. Relación “es” (tabla 9)
8. Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango (tabla 10)
9. Clase “2 en 1” (tabla 11)
10. Clase miscelánea (tabla 12)
11. Sinónimos como clases (tabla 13)
12. *Label* vs *Comment* y demás anotaciones (tabla 14)
13. Polisemia (tabla 15)
14. Misma URI para distintos elementos de la ontología (tabla 16)

b) Numeración de las modificaciones realizadas:

1. Crear y/o reestructurar jerarquías (tabla 18)
2. Completar conocimiento representado (tabla 19)
3. Restablecer granularidad (tabla 20)
4. Restringir al dominio (tabla 21)
5. Redefinir clases y axiomas (tabla 22)
6. Adaptar modelado a patrones de diseño (tabla 23)
7. Unificar nombrado (tabla 24)
8. Unificar idioma (tabla 25)
9. Transformar sub-lenguaje de implementación de ontologías (tabla 26)

c) Numeración de las guías metodológicas preliminares para crear ontologías:

1. Relación subordinada (tabla 28)
2. Relación al mismo nivel de generalidad (tabla 29)
3. Relación equivalencia - 01 (tabla 30)
4. Relación equivalencia - 02 (tabla 31)
5. Relación equivalencia - 03 (tabla 32)

Las casillas de la tabla 48 que contienen un punto indican que existe una relación entre el elemento de la columna y el elemento de la fila a la que pertenece la celda.

		MALAS PRÁCTICAS														MODIFICACIONES									CREACIÓN DE REDES DE ONTOLOGÍAS				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5
MALAS PRÁCTICAS	1		.						.																				
	2	.				.			.																				
	3																		.						.	.			
	4																			.									
	5		.						.							.	.				.
	6							.								.		.		.
	7						.													.									
	8	.	.			.											.
	9																												
	10															.													
	11											.																	
	12										.											.							
	13																												
	14																					.		.					
MODIFICACIONES	1				.	.				.						.	.
	2				.			.								.			.
	3					.										.			.										
	4		.																					.	.				
	5			.		.	.									.	.
	6				.																								
	7												.										.						
	8											.																	
	9													.								.							
CREACIÓN DE REDES DE ONTOLOGÍAS	1		.															.											
	2		.															.											
	3																												
	4																												
	5																												

Tabla 48 Relaciones entre malas prácticas, modificaciones y guías para crear redes de ontologías

Por ejemplo, se puede observar que la mala práctica 4 (Definición recursiva) está relacionada con al modificación 5 (Redefinir clases y axiomas) ya que durante el desarrollo de la red de ontologías del Camino de Santiago se han redefinido axiomas debido a que existía alguna definición recursiva en el axioma en cuestión.

Otro ejemplo puede ser la relación entre la mala práctica 1 (Relaciones inversas que no lo son) y la 2 (Relaciones inversas sin definir), que son tipos de malas prácticas inversos, es decir, en el primer caso se representa un conocimiento que no es válido y en el segundo caso se omite ese mismo conocimiento en una situación en la que si es conocimiento válido. Además estas dos malas prácticas están relacionadas con la 8 (Propiedades y/o atributos sin dominio y/o rango). Esta relación se debe a que las malas prácticas 1 y 2 pueden ser una consecuencia de la mala práctica 8 ya que, en el caso de la mala práctica 2, es probable que no se definan dos

relaciones inversas como tales, porque no se han definido sus dominios y rangos. Es decir, si se tienen dos relaciones en la que el dominio de una es el rango de la otra y viceversa, se tiene un indicio para pensar que pueden ser inversas, pero al no definir los dominios y rangos ese indicio no se hace visible.